Economic Analysis

Research Paper Series

A Comparison of Canada-U.S. Economic Growth in the Information Age, 1981-2000: The Importance of Investment in Information and Communication Technologies

by Philip Armstrong, Tarek M. Harchaoui, Chris Jackson and Faouzi Tarkhani

No. 001

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

ECONOMIC ANALYSIS RESEARCH PAPER SERIES

The Economic Analysis Research Paper Series provides for the circulation of research conducted by the staff of National Accounts and Analytical Studies, visiting Fellows and academic associates. The research paper series is meant to stimulate discussion on a range of topics including the impact of the New Economy, productivity issues, firm profitability, technology usage, the effect of financing on firm growth, depreciation functions, the use of satellite accounts, savings rates, leasing, firm dynamics, hedonic estimations, diversification patterns, investment patterns, the differences in the performance of small and large, or domestic and multinational firms, and purchasing power parity estimates. Readers of the series are encouraged to contact the authors with comments, criticisms and suggestions.

The primary distribution medium for the papers is the internet. These papers can be downloaded from the internet at www.statcan.ca for free. Papers in the series are distributed to Statistics Canada Regional Offices and provincial statistical focal points.

All the papers in the Economic Analysis Research Paper Series go through institutional and peer review to ensure that they conform to Statistics Canada's mandate as a government statistical agency and adhere to generally accepted standards of good professional practice.

Publications Review Committee
Analytical Studies Branch, Statistics Canada
24th Floor, R.H. Coats Building
Ottawa, Ontario, K1A 0T6
Telephone: (613) 951-1804

102-04780/

A Comparison of Canada-U.S. Economic Growth in the Information Age, 1981-2000: The Importance of Investment in Information and Communication Technologies†

by

Philip Armstrong
Tarek M. Harchaoui*
Chris Jackson
Faouzi Tarkhani

11F0027 No. 001
ISSN: 1703-0404
ISBN: 0-662-31777-7

Micro-Economic Analysis Division
24-B R.H. Coats Building
Ottawa, K1A 0T6
Statistics Canada
Facsimile Number: (613) 951-5403

* (613) 951-9856
Email: harctar@statcan.ca

March 1, 2002

The authors' names are listed alphabetically.

The opinions expressed herein are those of the authors and do not necessarily reflect the opinions of Statistics Canada.

Aussi disponible en français

† The comments that were made by John R. Baldwin and Wulong Gu are acknowledged with thanks. Note that preliminary GDP data from 1998 onward are used in this analysis.

Table of Contents

ECONOMIC ANALYSIS RESEARCH PAPER SERIES II

ABSTRACT V

EXECUTIVE SUMMARY VII

I. INTRODUCTION 1

II. CAPITAL AND THE AGGREGATE PRODUCTION FUNCTION 2

1. General Description of the Data 2
2. Capital Stock Estimates in Current Prices 4
3. Growth of Investment, Capital Stock, and Capital Services 7

Investment *7*

Capital Formation *8*

Decomposing the Growth in Capital Services *9*

III. SOURCES OF ECONOMIC GROWTH 11

1. Framework 11
2. Empirical Results 12

The Sources of Labour Productivity Growth *12*

The Sources of Economic Growth *13*

Canada-U.S. Comparison of Multifactor Productivity Growth *14*

IV. CONCLUSION 15

REFERENCES 16

Abstract

Using revised Statistics Canada estimates of output and inputs, this paper examines changes in the patterns of capital formation and the sources of economic growth for the Canadian business sector over the 1995-2000 period and makes comparisons with the 1981-1995 period.

The changing composition of investment and the growth of capital services across broad asset classes is explored first. Then the growth in output is decomposed into components coming from growth in labour, capital and multifactor productivity. Finally, the extent to which information and communication technologies have made a key contribution to economic growth is investigated. Comparisons are made of the performance of the Canadian and U.S. business sectors in each of these areas.

The results confirm some already familiar patterns, but also some novel features, particularly for the 1995-2000 period. The data show that increases in capital and labour continue to be important contributors to output growth. The increase in the growth rate of investment during the 1995-2000 period, which has occurred across many asset classes, has led to an increased growth contribution of capital services to output growth. A considerable increase in the number of hours worked has also contributed to economic growth; the substantial growth in labour inputs has muted the capital deepening effects of the rapid increase in capital services. The third primary source of growth in output, multifactor productivity growth, was 1.0% on average during the post-1995 period in Canada and 1.3% in the U.S. This increase was considerably higher than in the 1980s and early 1990s, especially in Canada. Although the resurgence in multifactor productivity in both countries does not surpass the pre-1973 performance, it was one of the most important stylized facts of the last five years of the twentieth century.

Keywords: growth accounting; new economy

Executive Summary

Over the last two decades Canadian business investment in information and communication technology (ICT), defined here to include purchases of computer hardware, computer software, and telecommunications equipment, grew at 16.2% on average. The rate of growth in ICT was higher than in most other asset classes. In 2000 alone, these assets accounted for 6.4% of the $1.3 trillion dollars of total fixed capital, up from 3.9% in 1981.

Canadian businesses have been making a major commitment to ICT, presumably in the hope of improving their performance and profitability. This steady adoption of ICT reflects the unprecedented decline in the relative price of computing power and the explosion of ICT capability—measured in terms of processing speed, memory, transmission capacity, and storage space. The quality-adjusted price of ICT, which measures the price of a fixed amount of ICT power, has fallen 9.3% per year since 1981.

Relative price declines like these are familiar to technologists and economists alike, and reflect the fundamental technical progress in the production of computers, semiconductors, and other high-tech gear. This has lead directly to the rapid accumulation of ICT investment goods as firms have responded to relative price changes, substituted between production inputs, and invested heavily in ICT assets that are much cheaper now than in the past. As a result, growth rates of ICT have outpaced those of other investment assets and Gross Domestic Product (GDP).

What are the impacts of this technological progress and the accumulation of ICT assets on the Canadian business sector? How does the Canadian business sector compare with its U.S. counterpart? This paper addresses these questions with a new set of productivity estimates.

Business sector output grew 3.3% on average over the 1981-1988 period: of this, capital input contributed 1.4%—0.6% as a result of the changing composition of assets (asset quality) and 0.8% as a result of increases in total capital; labour input contributed 1.7%—0.5% as a result of the changing composition of labour inputs (labour quality) and 1.2% from an increase in total hours. The size of the relative contributions of labour and capital is somewhat similar to the 1995-2000 period, when labour input at 2.2% also contributed more than capital input (1.7%) to output growth.

What is even more remarkable about the post-1995 period, compared to the previous periods, is the resurgence in multifactor productivity performance in Canada and the U.S. (an average annual rate of 1.0% for Canada and 1.3% for the U.S. compared to 0.2% and 1.0%, respectively, for the 1981-1988 period). The increase in multifactor productivity was much higher in Canada than in the U.S. This acceleration in multifactor productivity growth suggests considerable improvements in technology and increases in the efficiency of production in both countries.

I. Introduction

Information and communication technology (ICT) equipment appears to be almost everywhere—on the desks of executives, on the factory floor, in the classroom, at home, and, these days, even in people's pockets. By all accounts, ICT appears to be rapidly changing the way many enterprises conduct business and communicate. The proliferation of ICT has made the world seem much smaller, as computer-related innovations, such as the Internet, let individuals on opposite sides of the world interact in ways that were unimagined 20 years ago.

The explosion of ICT spending over the last few decades has sparked renewed interest in the role of investment and capital accumulation as sources of economic growth. While productivity growth, capital accumulation, and the impact of technology were topics once reserved for academic debates, the recent success of the U.S. economy has moved them into the popular domain (see Jorgenson and Stiroh, 2000; see also Khan and Santos, 2002 for a Canada-U.S. comparison).

Using revised data on output and capital input, this paper sheds some new light on the changing composition of investment and the growth of capital services in Canada during the 1990s and makes comparisons to the 1980s. In particular, well-tested and familiar methods are employed to estimate annual indices of capital services for the Canadian business sector from 1981 to 2000 and a decomposition into quantity and quality components for broad asset classes, including ICT equipment, is introduced. While much of the recent Canadian economic literature has documented the growing importance of computers, the extent to which ICT and other types of capital have contributed to economic growth in Canada are examined and compared. As a by-product, the underpinnings of the productivity performance of the Canadian and U.S. business sectors over the last two decades are examined using comparable methodologies.

Our approach distinguishes between *capital quantity* growth due to investment, and compositional change of asset types (sometimes referred to as *capital quality* growth) due to substitution between different types of capital assets. Much of the recent investment boom reflects substitution towards high-tech assets as their relative price steadily fell. Quantity and quality decompositions for broad asset classes, such as ICT, other machinery and equipment (made of low-tech equipment), and various types of structures are also introduced.

Our primary conclusion is that the Canadian business sector has experienced a steady and pervasive increase in the growth rate of capital services during the second half of the 1990s. The growth of capital services—including fixed reproducible capital, land, and inventories—has increased from an average annual growth rate of 3.5% for 1981-1988 to 4.2% for 1995-2000.

When sources of Canadian economic growth in output from 1995 to 2000 are examined, the data show that capital and labour continue to make important contributions to overall growth. The increase in the growth of investment, from 1.7% per year over 1981-1988 to 11.9% over 1995-2000, has led to an increase in the contribution of capital services from 1.4% to 1.7% per year between these two periods. Due to strong investment and an increasing input share, high-tech

equipment is the only class of fixed reproducible assets that is making a significantly larger contribution to output growth in the second half of the 1990s relative to the 1980s.

During the post-1995 period, the growth contribution of labour input has advanced primarily as a result of the increase in hours worked. The contribution of labour quality declined, a reflection of a falling unemployment rate as more workers with relatively lower marginal products were drawn into the workforce during this period.

The third primary source of growth, multifactor productivity or the famous Solow residual, grew at 0.2% per year on average during the last two decades in Canada, compared to 0.9% per year for the U.S. The acceleration of multifactor productivity in Canada from -0.3% per year over 1988-1995 to 1.0% per year during the post-1995 period (0.5% to 1.3% in the U.S.) suggests considerable improvements in technology and increases in the efficiency of production. While the resurgence in multifactor productivity growth in the post-1995 period has yet to surpass the pre-1973 performance, more rapid multifactor productivity growth is critical for sustained growth at higher rates.

During the post-1995 period, multifactor productivity contributed 21% of the output growth in Canada (27% for the U.S.), up from 6.1% in the 1981-1988 period (26% for the U.S.). Although the recent resurgence in multifactor productivity in both countries does not surpass the pre-1973 performance, it is certainly one of the most important stylized facts of the end of the twentieth century.

The remainder of the paper is organized as follows: Section II discusses the data sources and the historical trends of investment and capital formation. Section III analyzes the impacts of these trends on labour productivity and multifactor productivity performance. Section IV concludes the paper.

II. Capital and the Aggregate Production Function

1. General Description of the Data

This paper is based on methodologies recently implemented by the productivity program at Statistics Canada that constructs new Fisher indices of output and inputs for the Canadian business sector that are then used to construct multifactor productivity estimates.

The Fisher output indices use the expenditure based GDP estimates released in the Income and Expenditure Accounts on May 31, 2001, but exclude out-of-scope components such as the government sector, non-profit institutions and the rental on owner-occupied dwellings. Corresponding adjustments are also made to capital stock and hours worked. The GDP estimates incorporate the capitalization of software expenditures making the Canada-U.S. estimates of economic growth comparable for the first time since October 1999 when the U.S. Bureau of Economic Analysis introduced this change during a comprehensive historical revision to their National Income and Product Accounts.

Statistics Canada's new methodology for estimating the growth of capital services that is appropriate for an aggregate production function analysis is outlined in Harchaoui and Tarkhani (2002). The estimation procedure begins with estimates of real investment flows by detailed asset class, then calculates capital stock for each asset class by industry using the perpetual inventory technique. It then estimates the user cost of capital for each industry using Input-Output Tables to derive rates of return at the industry level, micro-economic price data on over 30,000 sales of used assets to obtain depreciation rates (Gellatly, Tanguay and Yan, 2002) and detailed information on tax rates. The growth rates of the stock of capital by asset type of individual industries are then aggregated using the user cost of capital to derive an estimate of the growth in the flow of capital services by industry.

For the analysis in this paper, the wide number of assets used in the productivity program (28 classes) are grouped into three distinct classes. Table 1 shows the concordance that produces three broad asset classes—ICT, other machinery and equipment, and structures (which includes inventories and land).[1] This taxonomy not only distinguishes long-lived structures from short-lived equipment, but also information and communications technologies (ICT) from other machinery and equipment.

This paper also uses estimates of labour growth that take into account differences in marginal productivity across labour types (see Gu, Kaci, Maynard, and Sillamaa, 2002). Contrary to the method that just sums all hours-worked across all workers, the method that considers differences across labour types sums the growth in hours-worked of different classes of labour weighted by their relative wage rates or their share of labour compensation. Much like the estimates of capital input that capture substitution across asset classes, the approach developed by Jorgenson, Gollop and Fraumeni (1987) for aggregate labour input allows for substitution between various types of labour, e.g., workers cross-classified by education, experience, and other characteristics. This approach allows for a breakdown of the growth of labour input into growth of labour hours and a labour composition or labour quality effect that is similar to the breakdown in capital growth between the straight sum of all capital and changes in its composition.

[1] The definition of information and communications technologies (ICT) assets, which includes computer hardware, software and telecommunication equipment, is chosen to permit comparisons with the U.S. (see U.S. Bureau of Labor Statistics 2000). There are currently efforts underway within the OECD to define a broader set of ICT commodities which include not only the investment assets used in our definition but also intermediate goods and services, and final demand categories.

Table 1. Classification of Total Capital by Asset Class

Information and Communication Technology
Computers and Office Equipment
Communication Equipment
Software-Own Account
Software-Pre-Packaged
Software-Custom Design
Other Machinery and Equipment
Office Furniture, Furnishing
Household and Services Machinery and Equipment
Electrical Industrial Machinery and Equipment
Non-Electrical Industrial Machinery and Equipment
Industrial Containers
Conveyors and Industrial Trucks
Automobiles and Buses
Trucks (Excluding Industrial Trucks) and Trailers
Locomotives, Ships and Boats and Major Replacement Parts
Aircraft, Aircraft Engines and Other Major Replacement Parts
Other Equipment
Structures
Non-Residential Building Construction
Road, Highway and Airport Runway Construction
Gas and Oil Facility Construction
Electric Power, Dams and Irrigation Construction
Railway and Telecommunications Construction
Other Engineering Construction
Cottages
Mobile Homes
Multiple Dwellings
Single Dwellings
Inventories
Land

2. Capital Stock Estimates in Current Prices

Table 2 contains a breakdown of assets into major groupings and the 1981 and 2000 value of capital stock by asset class. The perpetual inventory calculations result in a net stock of fixed reproducible assets of $929 billion in current dollars in 2000, up from $290 billion in 1981. Adding in the estimated value of land and inventories yields a total capital stock of $1.3 trillion in 2000.

Table 2. Estimates of Depreciation and Capital Stock by Asset Class: Canadian Business Sector
(millions of current dollars)

	1981 Capital Stock			2000 Capital Stock		
	Value $	Fixed Capital Share (%)	Total Capital Share (%)	Value $	Fixed Capital Share (%)	Total Capital Share (%)
Total Capital Stock	492,588		100.0	1,278,237		100.0
Fixed Reproducible Capital	290,465	100.0		929,409	100.0	
Information, Communication and Technology	11,363	3.9	2.3	59,900	6.4	4.7
Computers and Software	4,444	1.5	0.9	37,493	4.0	2.9
Communication	6,920	2.4	1.4	22,407	2.4	1.8
Other Machinery and Equipment	80,948	27.9	16.4	238,505	25.7	18.7
Structures	198,153	68.2	40.2	631,008	67.9	49.4
Inventories and Land	202,123		41.0	348,828		27.3
Structures, Land and Inventories	400,276		81.3	979,832		76.7

The investment in ICT in constant prices (see Table 3) has grown at an average annual rate of 16.2% during the 1981-2000 period, much faster than the other two classes of assets. Despite this rapid growth, however, ICT equipment remains a small share of the business sector's aggregate capital. In 2000, ICT capital stock in nominal terms accounted for 6.4% of fixed reproducible capital, which includes equipment and structures, up from 3.9% in 1981 (see Table 2). In our broader definition of capital stock that includes residential assets, land and inventories, ICT assets account for an even smaller share (4.7% in 2000 compared to 2.3% in 1981).

Table 3. Average Annual Growth Rates of Investment, Capital Stock, Capital Services and Output: Canadian Business Sector

	Investment Index		Capital Stock Index		Capital Services Index		GDP	
	Price	Quantity	Price	Quantity	Price	Quantity	Price	Quantity
				1981-2000				
GDP	-	-	-	-	-	-	2.9	3.0
All Assets	1.0	3.6	1.0	2.0	4.2	3.4	-	-
ICT	-9.3	16.2	-9.3	12.7	-1.5	21.0	-	-
Other Machinery and Equipment	2.5	2.0	2.5	2.1	5.6	3.4	-	-
Structures	1.5	0.8	1.5	1.7	6.8	2.1	-	-
				1981-1988				
GDP	-	-	-	-	-	-	4.5	3.3
All Assets	0.5	1.7	0.5	1.8	6.4	3.5	-	-
ICT	-14.5	11.5	-14.5	8.0	-1.4	21.5	-	-
Other Machinery and Equipment	2.9	2.2	2.9	1.7	7.8	3.7	-	-
Structures	1.7	0.4	1.7	1.9	8.5	2.4	-	-
				1988-1995				
GDP	-	-	-	-	-	-	2.4	1.5
All Assets	1.8	-0.2	1.8	1.3	3.7	2.6	-	-
ICT	-8.0	13.2	-8.0	11.5	-2.8	17.5	-	-
Other Machinery and Equipment	2.4	-2.1	2.4	1.2	2.2	1.6	-	-
Structures	2.0	-1.9	2.0	1.3	7.2	1.6	-	-
				1995-2000				
GDP	-	-	-	-	-	-	1.4	4.9
All Assets	0.7	11.9	0.7	3.5	1.7	4.2	-	-
ICT	-3.2	27.6	-3.2	21.3	0.3	25.1	-	-
Other Machinery and Equipment	2.0	7.7	2.0	4.1	7.5	5.5	-	-
Structures	0.3	5.6	0.3	2.1	4.1	2.5	-	-

3. *Growth of Investment, Capital Stock, and Capital Services*

The growth in Canada's use of capital can be traced through an examination of three related data series—an index of the growth in investment, an index of the growth in capital stock (a straight sum of the different assets) and an index of the growth in capital services—from 1981 to 2000. Furthermore, each of these can be decomposed into three components: that arising from investments in ICT, other machinery and equipment, and structures (which include land and inventories).[2]

To better understand aggregate trends, average annual growth rates (in terms of both quantities and prices) are presented in Table 3 for each series for the major asset classes and for the entire period 1981-2000, and for three sub-periods: 1981-1988, 1988-1995, and 1995-2000. Growth rates for business sector GDP for the same periods are also reported.

The dominant feature of these estimates is the significant drop of output growth during the early 1990s recession. After growing around 3.3% per year during 1981-1988, output growth fell to 1.6% per year for 1988-1995 and recovered remarkably during the second half of the 1990's to reach 4.9% per year on average. Investment, capital stock and capital services all show similar growth patterns.

Investment

While investment showed a similar growth pattern to growth in output, growth in investment showed more sensitivity to the business cycle. It slowed dramatically from 1.7% per year during 1981-1988 to –0.2% for 1988-1995. However, it surged to 11.9% for 1995-2000, helping to boost GDP growth during this period.

There is substantial variation in the growth rates across asset classes and an accelerating trend toward equipment investment, particularly ICT. Real ICT investment growth was high and rising throughout the last two decades. Despite the GDP slowdown, it was 13.2% per year even during the slow growth in the early 1990s. On the other hand, real investment in non-residential structures and other machinery and equipment dropped to -1.9% and -2.1% per year, respectively, during the period 1988-1995. In recent years, investment in all of the asset classes grew at a much higher pace than during the 1981-1988 period.

The more rapid growth of ICT can be understood by examining the behaviour of relative prices. The rate of inflation of the GDP deflator declined from 4.5% per year (1981-1988) to 2.4% per year (1988-1995) and then to 1.4% per year (1995-2000). The quality-adjusted price of ICT investment goods fell during the same three post-1981 periods (-14.5% to -8.0% to -3.2% per year). Relative to the GDP deflator, ICT prices fell at an average of 12.2% per year over the 1981-2000 period. The other categories of investment experienced price increases, but in general they were still lower than those of the GDP deflator.

[2] See the appendix to Harchaoui and Tarkhani 2002, for the differences between these various concepts.

These investment patterns directly determine the growth of the capital stock. For example, relatively fast ICT equipment investment leads to faster capital stock growth rates and an increase in the capital stock share of equipment.

The long-lived nature of structures, however, means this occurs slowly. The index of real capital stock of ICT equipment, for example, has grown 12.7% per year over the last two decades, while structures grew only 1.7% per year. The share of ICT equipment in the stock of fixed reproducible capital in current dollar terms has increased from 3.9% in 1981 to 6.4% in 2000. This important increase in the value share is due to the large increase in the quantity of ICT capital that more than offset the fall in the price of such capital.

Capital Formation

The indices of the growth of Canadian capital stock and capital services show that the post-1995 period has been one of relatively rapid growth in capital stock. The rate of growth of capital fell from 1.8% per year from 1981-1988 to 1.3% per year from 1988-1995 and rebounded sharply to 3.5% per year from 1995-2000. At the asset level, however, while ICT equipment maintained a sustained growth across all periods, both machinery and equipment and structures experienced a significant slowdown during the 1988-1995 period, followed by a marked recovery in recent years.

Trends in the growth of the capital stock are major determinants of the growth of capital services. The growth of capital services is, however, higher than the growth of capital stock, reflecting the ongoing substitution of short-lived equipment for long-lived structures. This shift in composition is sometimes referred to as changes in capital quality—in the sense that it results from changes in composition that are associated with changes in marginal productivity. All else being equal, a short-lived asset has a higher depreciation rate, relatively higher service price and, therefore, a higher relative marginal productivity since competitive markets equate user capital cost to marginal productivity. As a consequence, the fast growing short-lived assets receive a higher weight in the capital service aggregation compared to their weight for the capital stock (see Harchaoui and Tarkhani, 2002). For individual asset classes, the results in Table 3 show that capital-service growth always exceeds the growth of the capital stock, which implies asset substitution also occurs within asset classes.

These data document an important recovery in the growth rate of Canadian capital services across all asset classes in the post-1995 period. This reflects in large part the rapid growth of investment in the second half of the 1990s for all asset classes. This is an important development since it is the growth of capital services and not the level of capital or investment growth that ultimately affects economic growth in output.

As a point of comparison, it is useful to compare these results to the measure of capital services reported for 1999 by the U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS) (2000). For the private business sector, which most closely matches our estimates, BLS (2000) reports capital services growth of 3.8% for all assets for 1981-1999, slightly above our estimate of 3.3% for the same period. This may reflect structural differences between the two countries.

For both countries, the trends are quite similar during the various sub-periods. BLS (2000) reports a decrease in the growth of capital services from 3.9% for 1981-1988 to 2.8% for 1988-1995 and then a recovery to 5.3% for 1995-1999 (3.5%, 2.6% and 4.2%, respectively, for Canada). However, there are marked cross-country differences in the growth of capital services at the asset level. The U.S. ICT equipment capital services grew 17.5% during the 1995-1999 period, up from the 14.5% and 8.5% posted, respectively, during the 1981-1988 and 1988-1995 periods. This is far below the performance experienced by its Canadian counterpart (25.7%, 21.5% and 17.5%, respectively). Although in the U.S., other machinery and equipment and structures recovered in the 1995-1999 period in comparison with the 1988-1995 period, this performance remains below that posted in the previous decade. In contrast, during the 1995-1999 period, Canadian other machinery and equipment and structures experienced their fastest growth of the last twenty years.

Decomposing the Growth in Capital Services

The previous section showed an increase in the growth of capital services for fixed capital and its asset classes but has neither identified nor quantified the sources of this increase in terms of changes in composition of investment within asset classes and between asset classes. This section does just that. It provides a framework that decomposes the growth in capital services into three major components. In this framework, capital services increase for three reasons—substitution towards short-lived, high marginal product assets within asset classes (within quality effect), substitution between asset classes (between quality effect), and the accumulation of capital stock (capital accumulation effect).

The growth of aggregate capital services (the log represents the growth rate) is decomposable as follows (see Ho, Jorgenson and Stiroh 1999):

$$\ell n\left(\frac{\tilde{K}_t}{\tilde{K}_{t-1}}\right) = \sum_j \overline{v}_t^j \ell n\left(\frac{\Delta_t^j}{\Delta_{t-1}^j}\right) + \sum_j (\overline{v}_t^j - \overline{w}_t^j)\ell n\left(\frac{\overline{K}_t^j}{\overline{K}_{t-1}^j}\right) + \sum_j \overline{w}_t^j \ell n\left(\frac{\overline{K}_t^j}{\overline{K}_{t-1}^j}\right). \qquad (1)$$

where $\tilde{K}_t$, Δ_t^j, $\overline{K}_t^j$ represent, respectively, aggregate capital services, quality change of the asset class j = ICT, other machinery and structures and the capital stock of the asset class j at period t; $\overline{v}_t^j$ and $\overline{w}_t^j$ are, respectively, average rental cost share and average value share of capital stock for the asset class j at period t.

Each of these three components has a specific economic interpretation. The first term on the right-hand side will be referred to as the "within quality effect," which measures substitution and capital quality growth within distinct asset classes. The second term represents the "between quality effect," which measures substitution between distinct asset classes. The last term is the "capital accumulation effect," which measures capital stock accumulation.

Table 4 presents the contribution to the growth in total fixed capital services from each component for 1981-2000 and sub-periods. The decomposition allows us to identify the sources of increase of capital services growth by comparing each component across asset classes and over time. Table 4 should be read in the following manner. Consider the 3.4% per year growth of capital services for the 1981-2000 period (last column, first row). This is made up of a 1.2%

contribution from ICT, 0.8% from other machinery and equipment and 1.4% from structures. Looked at from the decomposition outlined in equation 1, this 3.4% comes from 0.9% of a within-class effect (substitution across assets within an asset class), 0.3% from a between-class effect (substitution across asset classes), and 2.1% of a capital-accumulation effect (general growth across all asset classes).

Table 4. Decomposition of the Growth in Capital Services by Asset Class: Canadian Business Sector
(annual average growth rates)

	Within Quality Effect	Between Quality Effect	Weighted Capital Accumulation	Capital Services Growth
		1981-2000		
Fixed Capital	**0.9**	**0.3**	**2.1**	**3.4**
Information and Communication Technology	0.4	0.3	0.5	1.2
Other Machinery and Equipment	0.3	0.1	0.4	0.8
Structures	0.2	-0.1	1.2	1.4
		1981-1988		
Fixed Capital	**1.4**	**0.1**	**2.0**	**3.5**
Information and Communication Technology	0.6	0.2	0.2	1.0
Other Machinery and Equipment	0.5	0.1	0.3	0.9
Structures	0.3	-0.1	1.4	1.6
		1988-1995		
Fixed Capital	**0.7**	**0.3**	**1.7**	**2.6**
Information and Communication Technology	0.4	0.3	0.4	1.1
Other Machinery and Equipment	0.1	0.1	0.3	0.4
Structures	0.2	-0.1	1.0	1.1
		1995-2000		
Fixed Capital	**0.7**	**0.6**	**2.9**	**4.2**
Information and Communication Technology	0.2	0.6	0.8	1.6
Other Machinery and Equipment	0.3	0.1	0.8	1.2
Structures	0.2	-0.1	1.3	1.4

The estimates show that at the aggregate level the capital-accumulation effect is the primary source behind the growth of total capital services for all periods. However, this varies across asset classes: the total quality effect (the sum of the within and between quality effect) constitutes the major source behind the growth of ICT capital services for all periods, while the capital-accumulation effect tends to dominate for other machinery and equipment and structures. Substitution across asset groups within an asset class becomes increasingly important over time, particularly for ICT.

For all periods and all asset classes, the total quality effect is primarily driven by the within quality effect. However, the 0.7 percentage point annual increase of capital services between 1981-1988 and 1995-2000, which is mainly attributable to ICT and other machinery and equipment, is mostly driven by the between-effect and the capital-accumulation effect, which increased by 0.5 and 0.9 percentage points per year, respectively.

III. Sources of Economic Growth

1. Framework

The growth of capital services along with the growth in labour input and multifactor productivity are the three primary determinants of the economic growth in output. The final part of this paper evaluates the relative importance of these sources of Canadian economic growth during the period 1981-2000.

This type of growth accounting exercise has a rich history beginning with the seminal work of Solow (1957), who integrated the aggregate production function with national income data to produce an estimate of productivity growth that captured disembodied technical change. Aggregate output Y_t is considered to be produced from capital services $\tilde{K}_t$ and labour services $\tilde{L}_t$. Representing productivity as a 'Hicks-neutral' augmentation A_t of aggregate input, output can be written as:

$$Y_t = A_t F(\tilde{K}_t, \tilde{L}_t) \tag{2}$$

Under the assumptions of competitive product and factor markets, and constant returns to scale, growth accounting gives the growth of output as the sum of the share-weighted growth of inputs and growth in multifactor productivity:

$$\Delta \ell n Y_t = \overline{s}_{K,t} \Delta \ell n \tilde{K}_t + \overline{s}_{L,t} \Delta \ell n \tilde{L}_t + \Delta \ell n A_t \tag{3}$$

where $\overline{s}_{K,t}$ and $\overline{s}_{L,t}$ are respectively, capital's and labour average share of nominal value-added, $\overline{s}_{K,t} + \overline{s}_{L,t} = 1$, the augmentation factor A_t captures multifactor productivity and Δ refers to a first difference.

Equation (3) has several attractive features. It facilitates the decomposition of the growth in output into the contributions made by labour and capital inputs on one hand, and a residual that is called multifactor productivity growth, on the other hand. It also allows for the quantification of the contributions of different types of capital, such as ICT, to the growth of output.

In addition, rearranging equation (3) enables us to present results in terms of labour productivity growth

$$\Delta \ell n \left(\frac{Y_t}{H_t} \right) = \overline{s}_{K,t} \Delta \ell n \left(\frac{\tilde{K}_t}{H_t} \right) + \overline{s}_{L,t} \left(\Delta \ell n \tilde{L}_t - \Delta \ell n H_t \right) + \Delta \ell n A_t \tag{4}$$

where $\frac{Y_t}{H_t}$ and $\frac{\tilde{K}_t}{H_t}$ are, respectively, output per hour worked and the ratio of capital services to hours worked. This gives the familiar formula that allocates labour productivity growth among three factors. The first is *capital deepening*, the growth in capital services per hour. Capital deepening (also called *capital intensity*) makes workers more productive by providing more capital for each hour of work and raises the growth of labour productivity in proportion to the share of capital. The second term is the improvement in labour quality, defined as the difference between the weighted growth rates of each category of labour and the growth in the simple sum of hours worked across all worker categories. Reflecting the rising proportion of hours supplied

by workers with higher marginal products, labour quality improvement (also called the *labour composition effect*) raises average labour productivity growth in proportion to labour's share. The third term is *multifactor productivity* growth, which increases labour productivity growth on a point-for-point basis. Long-term labour productivity growth arises from three sources: multifactor productivity growth, the contribution of increased capital intensity, and the contribution of shifts in labour composition.

As shown in equation (4), labour productivity (output per hour) can differ from multifactor productivity (output per unit of combined capital and labour inputs) if capital deepening occurs or if labour quality improves.

The remainder of this section provides empirical estimates of the variables in equations (2) through (4). Equations (3) and (4) are then employed to quantify the sources of growth of output and average labour productivity for 1981-2000 and various sub-periods.

2. *Empirical Results*

This section provides the results associated with equations (3) and (4) which provide two different, but related, perspectives on the sources of growth: the latter decomposes the sources of labour productivity growth and the former identifies the sources of economic growth of total output. The section commences with an examination of the sources of labour productivity growth.

The Sources of Labour Productivity Growth

The contribution of capital intensity to labour productivity growth equals the growth in the capital-hours ratio multiplied by capital's share of nominal value-added. The contribution of labour composition equals the difference between the growth rates of labour input and of hours worked multiplied by labour's share of nominal value-added. Historically, capital's share has been slightly more than one-third of nominal value-added in the business sector.

Table 5 indicates that from 1981 to 2000, labour productivity grew at an annual rate of 1.4% in the business sector. Of the 1.4% growth in labour productivity, 0.3% can be attributed to increases in multifactor productivity, 0.6% to the contribution of capital intensity, and 0.5% to changes in labour composition. Table 5 displays a moderate labour productivity increase during the 1980s and early 1990s, and an acceleration of labour productivity growth in the late 1990s. This acceleration reflects the remarkable pick-up in multifactor productivity growth in recent years.

During 1988 to 1995, multifactor productivity decreased -0.3% per year in the business sector. At the same time, the average annual contribution of capital intensity to labour productivity growth increased to 0.9%, and labour composition made a 0.6 percentage point contribution. Labour productivity, therefore, increased 1.2% per year from 1988 to 1995. ICT capital began to play an increasingly important role during this period, contributing 0.4% per year, or more than two-fifths of the contribution of capital deepening to labour productivity growth.

Table 5. Annual Average Percentage Point Contribution to Labour Productivity*: Canadian Business Sector

	1981-2000	1981-1988	1988-1995	1995-2000
Labour Productivity Growth (annual average growth rate)	1.4	1.3	1.2	1.7
Capital Deepening	0.6	0.6	0.9	0.4
Information and Communication Technology	0.4	0.3	0.4	0.4
Other Machinery and Equipment	0.1	0.1	0.1	0.1
Structures	0.1	0.1	0.3	-0.1
Labour Quality	0.5	0.5	0.6	0.3
Multifactor Productivity (annual average growth rate)	0.2	0.2	-0.3	1.0

*Except where noted

During 1995-2000, labour productivity grew 1.7% per year in the business sector, 0.4 percentage points faster than during the 1988-95 period. This acceleration is attributed entirely to the remarkable resurgence of multifactor productivity growth, which increased by more than one percentage point. Continuing the trend in substitution of ICT for other forms of capital, ICT capital accounted for the whole contribution of capital deepening to labour productivity growth. Growth in labour quality slowed relative to the growth in hours in the 1995-2000 period.

The Sources of Economic Growth

Using the framework developed above, the capital and labour inputs are combined with output data to estimate the components of equation (3) to quantify the sources of economic growth in output from 1981-2000. In addition to the standard contribution of aggregate capital services, the analysis also examines the contribution of each broad asset class to total growth.

Results are reported in Table 6 and should be read in the following manner. In the second column, for the period 1981-1988, output grew at 3.3% per year, of which aggregate capital services contributed 1.4%, labour input 1.7%, and multifactor productivity 0.2%. The 1.4% capital contribution is from the growth rate of capital services multiplied by the $\bar{s}_{K,t}$ share and may also be decomposed into a 0.8% contribution of capital accumulation and 0.6% of quality change. Similarly, the 1.7% labour input contribution can be decomposed into a 1.2% contribution from increased hours worked and a 0.5% contribution from quality change due to substitution toward more highly educated workers.

For 1995-2000, output grew 4.9% per year, capital services contributed 1.7 percentage points, labour input contributed 2.2 percentage points, and multifactor productivity contributed 1.0 percentage points.

As reported above, there has been an increase in the contribution of capital services during 1995-2000 as the growth contribution increased to 1.7% from 1.4% per year over 1981-1988. ICT shows the largest increase in the contribution of capital services between the two periods, nearly doubling from 0.4% to 0.7%. In addition, the most recent estimates show an increase in the growth of multifactor productivity that is above any rate since 1981.

Table 6. Sources of Economic Growth: Canadian Business Sector
(annual average percentage point contribution) *

	1981-2000	1981-1988	1988-1995	1995-2000
Output Growth (annual average growth rate)	3.0	3.3	1.5	4.9
Contribution of Capital Services	1.3	1.4	1.0	1.7
Information Communication Technology	0.5	0.4	0.4	0.7
Other Machinery and Equipment	0.3	0.4	0.2	0.5
Structures	0.5	0.6	0.4	0.5
Contribution of Labour Input	1.5	1.7	0.8	2.2
Multifactor Productivity (annual average growth rate)	0.2	0.2	-0.3	1.0
Contribution of Capital Stock	0.9	0.8	0.6	1.4
Contribution of Capital Quality	0.5	0.6	0.4	0.3
Contribution of Labour Hours	1.0	1.2	0.1	1.9
Contribution of Labour Quality	0.5	0.5	0.6	0.3

* Except where noted

Canada-U.S. Comparison of Multifactor Productivity Growth

An examination of Table 7 for both the Canadian and U.S. business sectors over 1981-1999, the most recent period for which U.S. multifactor productivity estimates are available, reveals that Canada's multifactor productivity grew at 0.2% per year on average, compared to 0.9% per year for the U.S. This productivity gap between the two countries is largely attributable to Canada's relatively modest multifactor productivity performance from 1981 to 1995. The lack of multifactor productivity gain in Canada from 1981 to 1995 (0.0% compared with 0.7% in the U.S.) reflects a 2.4% increase in output (3.3% in the U.S.) and a 2.4% increase in combined inputs of capital and labour (2.5% in the U.S.).

In the late 1990s, output grew at an average annual rate of 4.8% in Canada (4.9% for the U.S.), a 3.2 percentage point increase relative to the early 1990s (2.7 percentage points for the U.S.). Multifactor productivity growth makes an important recovery to 1.0% in Canada (1.3% for the U.S. as well), while capital services' contribution to growth recovered to 1.7% in Canada (1.8% in the U.S.), and labour's contribution rebounded to 2.1% points (1.8% for the U.S.).

Multifactor productivity growth is the source of 21% of output growth in Canada (27% in the U.S.), up from 6.1% in the 1981-1988 period (26% for the U.S.). The acceleration in multifactor productivity growth in Canada and the U.S. is perhaps the most remarkable feature of the data. Its acceleration in Canada from -0.3% per year to 1.0% per year (0.5% to 1.3% in the U.S.) between 1988-1995 and 1995-1999 suggests considerable improvements in technology and increases in the efficiency of production. While the resurgence in multifactor productivity growth in the post-1995 period has yet to surpass the pre-1973 performance, more rapid multifactor productivity growth occurred in the last part of the 1990s.

Table 7. The Sources of Economic Growth Canada and U.S., Business Sector
(annual average percentage point contribution)*

	Canada	U.S.	Canada	U.S.	Canada	U.S.	Canada	U.S.
	1981-1999		1981-1988		1988-1995		1995-1999	
Output (annual average growth rate)	2.9	3.6	3.3	3.9	1.5	2.2	4.8	4.9
Contribution of Labour Input	1.4	1.5	1.7	1.6	0.8	0.9	2.1	1.8
Contribution of Capital Services	1.3	1.2	1.4	1.3	1.0	0.8	1.7	1.8
Contribution of ICT	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.7	1.1
Contribution of Other Machinery and Equipment	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.5	0.4
Contribution of Structures	0.5	0.4	0.6	0.4	0.4	0.2	0.6	0.4
Multifactor Productivity (annual average growth rate)	0.2	0.9	0.2	1.0	-0.3	0.5	1.0	1.3

*Except where noted

U.S. data are taken from the U.S. Bureau of Labor Statistics (2000).
Numbers may not add due to rounding.

IV. Conclusion

This paper has documented the evolution of the sources of economic growth of the Canadian business sector. The major finding is the growth in output of the Canadian business sector in the post-1995 period has been substantially above the earlier part of the decade and of the previous decade. In addition, after almost two decades of lacklustre performance, the productivity statistics, beginning in 1995, have begun to reveal the impact of increasing capital formation in ICT technologies. Progress in ICT is driving down relative prices of computers, software, and communication equipment and inducing investment in these assets by firms (12.2% per year growth on average during the 1981-2000 period).

The paper also examines the pattern of growth in capital services in terms of both quantity and quality components. It distinguishes between capital quantity growth due to investment, and capital quality growth due to substitution between different types of capital assets. Much of the recent investment boom has been associated with substitution across assets as the relative price of high-tech assets steadily fell. Capital 'quality' grew over the 1981-2000 period at 1.2% per year on average, of which 75% was due to changes within asset classes.

In terms of the sources of the 3.3% annual average growth over the 1981-1988 period, capital input contributed 1.4% per year (0.6% for quality and 0.8% for capital quantity), labour input contributed 1.7% per year (1.2% for hours and 0.5% for labour quality). This is somewhat similar to the 1995-2000 period, when capital input at 1.7% contributed less than labour input at 2.2% per year to output growth.

In both countries, ICT is the largest contributor to growth within capital services, during the late 1990s, followed closely by structures in Canada. But the contribution of ICT in Canada is lower than in the U.S.

What is even more remarkable about the post-1995 period, compared to the previous periods, is the recovery in the multifactor productivity performance, posted at 1.0% per year in Canada and 1.3% in the U.S. (compared to 0.2% and 1.0%, respectively, for the 1981-1988 period).

References

Bureau of Labor Statistics. 2000. 'Multifactor Productivity Trends, 1999,' USDL 00-267, September 21. http://www.bls.gov/mprhome.htm

Gellatly, G., M. Tanguay, and B. Yan. 2002. *An Alternative Methodology for Estimating Economic Depreciation: New Results Using a Survival Model.* Economic Analysis Research Paper. Analytical Studies Branch. Statistics Canada. Forthcoming.

Gu, W., Kaci, M., J.-P. Maynard and M. Sillamaa. 2002. *The Changing Composition of the Canadian Workforce and Its Impact on Productivity Growth.* Economic Analysis Research Paper. Analytical Studies Branch. Statistics Canada. Forthcoming.

Harchaoui, T.M., and F. Tarkhani. 2002. *A Comprehensive Revision of the Capita Input Methodology for Statistics Canada Multifactor Productivity Program* Economic Analysis Research Paper. Analytical Studies Branch. Statistics Canada. Forthcoming.

Ho, M.S., D.W. Jorgenson and K.J. Stiroh. 1999. U.S. High-Tech Investment and the Pervasive Slowdown in the Growth of Capital Services, mimeo, 30 p.

Jorgenson, D.W., F.M. Gollop, and B. M. Fraumeni. 1987. *Productivity and U.S. Economic Growth.* Harvard University Press, Cambridge.

Jorgenson, D.W., and Stiroh, K.J. 2000. 'Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age', *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1, pages 125–211.

Khan, H., and M. Santos. 2002. *Contribution of ICT Use to Output and Labour-Productivity Growth in Canada.* Bank of Canada Discussion Paper, 20 p.

Solow, R.M. 1957. 'Technical Change and the Aggregate Production Function,' *Review of Economics and Statistics*, 39: 312-320.

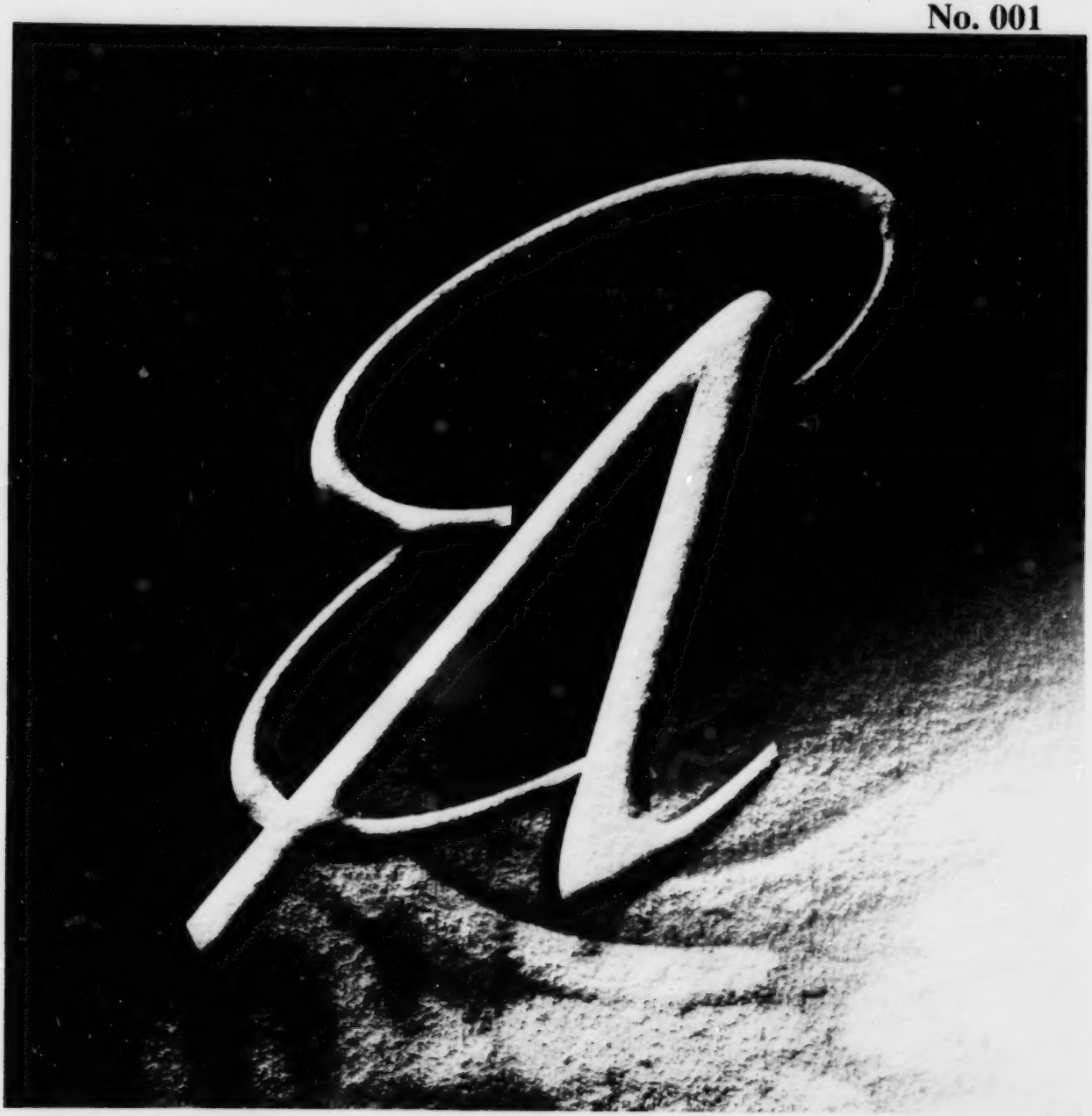
Analyse économique

Documents de recherche

Une comparaison de la croissance économique au Canada et aux États-Unis à l'âge de l'information 1981-2000 : L'importance de l'investissement dans les technologies de l'information et des communications

par Philip Armstrong, Tarek M. Harchaoui, Chris Jackson et Faouzi Tarkhani

No. 001



Statistique Canada Statistics Canada

Canada

SÉRIE DE DOCUMENTS DE RECHERCHE SUR L'ANALYSE ÉCONOMIQUE

La série de documents de recherche sur l'analyse économique permet de faire connaître les travaux de recherche effectués par le personnel du Secteur des études analytiques et des comptes nationaux, les boursiers invités et les universitaires associés. La série de documents de recherche a pour but de favoriser la discussion sur un éventail de sujets tels que les répercussions de la nouvelle économie, les questions de productivité, la rentabilité des entreprises, l'utilisation de la technologie, l'incidence du financement sur la croissance des entreprises, les fonctions de dépréciation, l'utilisation de comptes satellites, les taux d'épargne, le crédit-bail, la dynamique des entreprises, les estimations hédoniques, les tendances en matière de diversification et en matière d'investissements, les différences liées au rendement des petites et des grandes entreprises ou des entreprises nationales et multinationales ainsi que les estimations relatives à la parité du pouvoir d'achat. Les lecteurs de la série sont encouragés à communiquer avec les auteurs pour leur faire part de leurs commentaires, critiques et suggestions.

Les documents sont diffusés principalement au moyen d'Internet. Ils peuvent être téléchargés gratuitement sur Internet, à www.statcan.ca. Les documents faisant partie de la série sont diffusés dans les bureaux régionaux de Statistique Canada et aux coordonnateurs statistiques provinciaux.

Tous les documents de la Série de documents de recherche sur l'analyse économique font l'objet d'une révision interne et d'une révision par les pairs. Cette démarche vise à s'assurer que les documents sont conformes au mandat de Statistique Canada à titre d'organisme statistique public et qu'ils adhèrent à des normes généralement reconnues régissant les bonnes méthodes professionnelles.

Comité de révision des publications
Direction des études analytiques, Statistique Canada
24e étage, Immeuble R.-H. Coats
Ottawa, Ontario, K1A 0T6
(613) 951-1804

Une comparaison de la croissance économique au Canada et aux États-Unis à l'âge de l'information, 1981-2000 : L'importance de l'investissement dans les technologies de l'information et des communications[†]

par

Philip Armstrong
Tarek M. Harchaoui*
Chris Jackson
Faouzi Tarkhani

11F0027 N°. 001
ISSN : 1703-0412
ISBN : 0-662-86816-1

Division de l'analyse micro-économique
24ième étage, Immeuble R.H. Coats
Ottawa, K1A 0T6
Statistique Canada
Télécopieur: (613) 951-5403

* (613) 951-9856
Courriel: harctar@statcan.ca

1 mars 2002

Le nom des auteurs est inscrit selon l'ordre alphabétique.

Ce document reflète les opinions des auteurs uniquement et non celles de Statistique Canada.

Also available in English

[†] Les commentaires effectués par John R. Baldwin et Wulong Gu ont été grandement appréciés. Il est à noter que les estimations du PIB utilisées dans ce travail pour la période qui débute en 1998 sont préliminaires.

Table des matières

RÉSUMÉ ..... **V**

SOMMAIRE ..... **VII**

I. INTRODUCTION **1**

II. CAPITAL ET FONCTION AGRÉGÉE DE PRODUCTION **3**

1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DES DONNÉES 3
2. ESTIMATION DU STOCK DE CAPITAL AUX PRIX COURANTS 5
3. CROISSANCE DE L'INVESTISSEMENT, DU STOCK DE CAPITAL ET DES SERVICES DU CAPITAL 7

Investissement *7*
Formation du Capital *8*
Décomposition de la croissance des services du capital *9*

III. SOURCES DE LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE **11**

1. CADRE CONCEPTUEL 11
2. RÉSULTATS EMPIRIQUES 13

Les sources de la croissance de la productivité du travail *13*
Les sources de la croissance économique *14*
Comparaison de la croissance de la productivité multifactorielle au Canada et aux États-Unis *15*

IV. CONCLUSION **16**

BIBLIOGRAPHIE **18**

Résumé

En nous fondant sur les estimations révisées de la production et des intrants produites par Statistique Canada, nous examinons, pour la période de 1995 à 2000, les tendances concernant la formation du capital et les sources de croissance économique observées pour le secteur canadien des entreprises et nous les comparons aux résultats obtenus pour la période de 1981 à 1995.

Nous explorons d'abord l'évolution de la composition de l'investissement et de la croissance des services du capital pour de grandes catégories d'actifs. Ensuite, nous décomposons la croissance de la production selon les contributions issue du travail, du capital et de la productivité multifactorielle. Finalement, nous examinons dans quelle mesure les technologies de l'information et des communications ont contribué à la croissance de la production. Nous comparons la performance des secteurs des entreprises canadiens et américains dans chacun de ces domaines.

Les résultats confirment la présence de tendances déjà connues, mais aussi de nouvelles caractéristiques, particulièrement pour la période allant de 1995 à 2000. Les données montrent que les hausses du capital et du travail continuent d'avoir une contribution importante à la croissance de la production. L'accélération de la croissance de l'investissement observée de 1995 à 2000 pour bon nombre de classes d'actifs s'est traduite par une contribution plus grande des services du capital à la croissance de la production. Une hausse considérable du nombre d'heures travaillées a également contribué à la croissance économique; la croissance importante des heures a atténué les effets de l'approfondissement du capital issus de la croissance rapide des services du capital. La troisième source importante de croissance, la productivité multifactorielle, a augmenté au taux de 1,0 % en moyenne durant la période d'après 1995 au Canada et 1,3% aux États-Unis. Cette hausse est considérablement plus élevée que celle des années 1980 et du début des années 1990, particulièrement au Canada. Si le redressement de la productivité multifactorielle des deux pays ne va pas au-delà de la performance enregistrée avant 1973, il s'agit néanmoins de l'un des faits saillants les plus importants des cinq dernières années du XX^{e} siècle.

Mots clés : comptabilité de la croissance; nouvelle économie

Sommaire

Au cours des deux dernières décennies, l'investissement des entreprises canadiennes dans les technologies de l'information et des communications (TIC), investissement défini ici comme englobant les achats de matériel informatique, de logiciels et de matériel de télécommunications, a augmenté au taux moyen de 16,2 %. Le taux de croissance des TIC a été plus élevé que n'importe quelle autre classe d'actif. En l'an 2000 seulement, ces actifs représentaient 6,4 % du capital fixe total, qui se chiffrait à 1,3 billion de dollars, comparativement à 3,9 % en 1981.

Les entreprises canadiennes ont manifestement décidé de jouer la carte des TIC, probablement dans l'espoir d'améliorer leur performance et leur profitabilité. Cette adoption régulière des TIC reflète la baisse sans précédent du prix relatif de la puissance informatique et l'explosion des capacités des TIC — mesurées en termes de vitesse de traitement, de capacité de mémorisation, de capacité de transmission et d'espace de stockage de données. Les données sur les prix des TIC, qui mesurent le prix d'une quantité constante de puissance des TIC, ont décliné de 9,3 % par année depuis 1981.

De telles baisses des prix relatifs, qui n'étonnent plus les techniciens ni les économistes, reflètent la rapidité du progrès technique dans le domaine des ordinateurs, des semi-conducteurs et d'autres appareils de haute technologie. Ceci a occasionné directement une accumulation rapide de l'investissement en TIC car, en réagissant à la variation des prix relatifs, les entreprises procèdent à des substitutions entre intrants, investissent fortement dans les actifs en TIC qui sont beaucoup moins chers aujourd'hui qu'auparavant. Par conséquent, le taux de croissance de l'investissement dans les actifs en TIC dépasse de loin celui observé pour d'autres actifs et le taux de croissance du produit intérieur brut (PIB).

Quel est l'effet de ce progrès technologique et de cette accumulation d'actifs en TIC sur la productivité du secteur canadien des entreprises? Comment ce dernier se compare-t-il à son homologue américain? Le présent article examine ces questions en faisant appel a de nouvelles estimations de productivité.

La production du secteur des entreprises a connu un taux de croissance annuel moyen de 3,3 % pour la période 1981 à 1988 : l'intrant capital a contribué pour de 1,4 % — 0,6 % suite au changement dans la composition des actifs (qualité du capital) et 0,8 % suite à la hausse du stock de capital total; l'intrant travail a contribué pour 1,7 % — 0,5 % attribuable au changement de la composition de la main-d'œuvre (qualité du travail) et 1,2 % du à la hausse du nombre total d'heures travaillées. L'ordre de grandeur des contributions relatives des intrants travail et capital est quelque peu similaire à celui de la période 1995-2000, lorsque l'intrant travail avec 2,2 %, a contribué davantage que l'intrant capital (1,7 %) à la croissance de la production.

Le regain de vitalité de la performance de la productivité multifactorielle au Canada et aux États-Unis est un aspect encore plus remarquable des années qui ont suivi 1995, comparativement aux années antérieures (un taux de croissance moyen de 1,0 % pour le Canada et 1.3 % pour les États-Unis comparativement à 0,2 % et 1,0 %, respectivement, pour la période 1981-1988). Cette accélération de la croissance de la productivité multifactorielle suggère des améliorations considérables dans la technologie et des augmentations dans l'efficience de la production dans les deux pays.

I. Introduction

Les actifs associés aux technologies de l'information et des communications (TIC) semblent se retrouver presque partout — sur les bureaux des cadres d'entreprise, dans les ateliers, dans les salles de classe, dans les foyers et, ces jours-ci, même dans la poche des gens. De toute évidence, les TIC modifient rapidement la façon dont nous faisons des affaires et communiquons. Leur prolifération semble avoir rapetissé le monde, maintenant que des innovations informatiques comme Internet permettent à des personnes situées à des points opposés de la planète d'interagir d'une façon qui aurait été inimaginable il y a 20 ans.

L'explosion des dépenses au titre des TIC qui a eu lieu au cours des dernières décennies a suscité un regain d'intérêt pour le rôle de l'investissement et de l'accumulation de capital dans la croissance économique. Des thèmes comme la croissance de la productivité, l'accumulation de capital et l'effet du progrès technique, qui, auparavant, faisaient uniquement l'objet de discussions théoriques, sont devenus le sujet de débats populaires en raison de l'essor récent de l'économie américaine (voir Jorgenson et Stiroh 2000; voir aussi Khan et Santos, 2002 pour la comparaison Canada/États-Unis).

Sur la base des données révisées sur la production et sur l'intrant capital, le présent article fournit certains éclaircissements sur l'évolution de la composition de l'investissement et de la croissance des services du capital au Canada au cours des années 1990, ainsi qu'une comparaison avec les années 1980. L'article se fonde notamment sur des méthodes éprouvées et bien connues d'estimation des indices annuels des services du capital pour le secteur des entreprises du Canada de 1981 à 2000. Il présente aussi une ventilation de ces services en deux composantes, l'une quantitative et l'autre qualitative, pour les catégories importantes d'actifs, y compris ceux des TIC. Alors qu'un grand nombre d'études économiques publiées récemment au Canada traitaient de l'importance croissante des ordinateurs, le présent article vise à préciser et à comparer dans quelle mesure l'investissement dans les TIC et d'autres formes d'actifs a contribué à la croissance économique du Canada. Parallèlement, il décrit les facteurs qui fondent la performance en termes de productivité des secteurs canadien et américain des entreprises au cours des deux dernières décennies en s'appuyant sur des méthodologies comparables.

Notre démarche vise à faire la distinction entre la croissance de la *quantité de capital* due à l'investissement et le changement de composition entre actifs (connue parfois sous le nom de croissance de la *qualité du capital*) due à la substitution entre différents types d'actifs. L'accélération récente de l'investissement reflète en grande partie une substitution au profit des actifs de haute technologie, à mesure que leur prix relatif diminue régulièrement. Nous présentons aussi des estimations des composantes de quantité et de qualité pour trois grandes catégories d'actifs, c'est-à-dire celles en TIC, en autres machines et matériel (comprenant des actifs traditionnels) et des bâtiments et travaux d'ingénierie.

Notre principale conclusion est que, dans le secteur canadien des entreprises, l'augmentation du taux de croissance des services du capital a été constante et généralisée durant la deuxième moitié des années 1990. La croissance des services du capital — y compris le capital fixe

renouvelable, les terrains et les inventaires — est passée d'un taux annuel moyen de 3,5 % pour 1981 à 1988 à 4,2 % pour 1995 à 2000.

Si nous examinons les sources de la croissance économique au Canada de 1995 à 2000, nous constatons que le capital et le travail continuent de faire des contributions importantes. L'accélération de la croissance de l'investissement de 1,7 % par année lors de la période 1981-1988 à 11,9 % entre 1995-2000, a fait augmenter la croissance des services du capital de 1,4 % à 1,7 % par année entre ces deux périodes. En raison de l'importante croissance de l'investissement et de la part croissante de son poids dans les coûts, le matériel de haute technologie constitue la seule catégorie d'actifs fixes renouvelables dont la contribution à la croissance est plus importante durant la deuxième moitié des années 1990 comparativement aux années 1980s.

Au cours de la période après 1995, la croissance de la contribution de l'intrant travail a augmenté principalement en raison de la hausse des heures travaillées. La contribution de la qualité de la main-d'œuvre a chuté, un reflet de la baisse du taux de chômage à mesure que des travailleurs ayant une productivité marginale relative plus faible furent attirés sur le marché du travail au cours de cette période.

La troisième source importante de croissance, c'est-à-dire la productivité multifactorielle ou le fameux résidu de Solow, s'est accrue au taux annuel moyen de 0,2 % durant les deux dernières décennies au Canada, comparativement à 0,9 % aux États-Unis. L'accélération de la productivité multifactorielle au Canada de -0,3 % par année au cours de la période 1988-1995 à 1,0 % au cours de la période après 1995 (0,5 % à 1,3 % aux États-Unis) suggère des améliorations considérables dans la technologie et une augmentation de l'efficience de la production. Alors que le redressement de la productivité multifactorielle durant la période après 1995 n'a pas surpassé la performance d'avant 1973, une croissance plus rapide de la productivité multifactorielle est cruciale à une croissance économique plus rapide.

Durant la période après 1995, la productivité multifactorielle a contribué pour 21 % de la croissance de la production au Canada (27 % aux États-Unis), en hausse de 6,1 % durant la période 1981-1988 (26 % pour les États-Unis). Bien que le redressement récent de la croissance de la productivité multifactorielle dans les deux pays ne surpasse pas la performance d'avant 1973, il constitue certainement un des plus importants faits stylisés de la fin du 20ème siècle.

La suite de l'article est ainsi organisée. À la section II, nous discutons des sources de données et des tendances historiques de l'investissement et de la formation du capital. La section III examine l'impact de ces tendances sur la productivité du travail et sur la productivité multifactorielle. Enfin, à la section IV, nous présentons nos conclusions.

II. Capital et fonction agrégée de production

1. Description générale des données

Le présent article se fonde sur de nouvelles méthodes élaborées par le Programme de la productivité de Statistique Canada pour construire des indices de Fisher de la production et des intrants pour le secteur canadien des entreprises permettant ensuite de produire des estimations de la productivité multifactorielle.

L'indice de Fisher de la production utilise les estimations du PIB selon l'optique de la dépense diffusées le 31 mai 2001 par la Division des comptes des revenus et dépenses. Ces estimations ne tiennent pas compte des composantes comme le secteur des administrations publiques, les établissements sans but lucratif et le loyer des logements occupés par le propriétaire, considérées hors du champ de couverture. Des exclusions correspondantes sont apportées aux intrants en travail et en capital. Les estimations du PIB intègrent la capitalisation des dépenses en logiciels, permettant ainsi aux estimations Canada/États-Unis de la croissance économique d'être comparables pour la première fois depuis octobre 1999, date à laquelle le *U.S. Bureau of Economic Analysis* avait introduit ce changement lors de la révision historique détaillée des comptes nationaux de revenus et de la production.

La nouvelle méthodologie d'estimation de la croissance des services du capital de Statistique Canada qui convient à une fonction de production agrégée est décrite dans Harchaoui et Tarkhani (2002). Le processus de construction débute avec des estimations de l'investissement réel selon la catégorie détaillée ainsi que la mesure du stock de capital pour chaque classe d'actif au moyen de la méthode de l'inventaire perpétuel. Il s'ensuit les estimations du coût d'usage du capital par actif pour chaque industrie en faisant appel aux tableaux entrées-sorties d'où l'on calcule le taux de rendement par industrie, les données micro-économiques sur les prix de plus de 30 000 ventes d'actifs usagers pour mesurer les taux de dépréciation par actif (Gellatly, Tanguay et Yan, 2002) ainsi que de l'information détaillée sur les taux d'imposition. Les estimations des taux de croissance du stock de capital par type d'actif pour chaque industrie sont ensuite agrégées en se servant du coût d'usage du capital pour produire une estimation du flux des services du capital par industrie.

Pour l'analyse contenue dans ce papier, la gamme étendue d'actifs hétérogènes utilisés par le programme de productivité (28 classes) sont regroupes en trois classes distinctes. Le tableau 1 montre la concordance qui permet de produire les trois grandes classes d'actifs — TIC, autre machinerie et équipements, structures (incluant les inventaires et les terrains). [1] Ce regroupement permet non seulement de distinguer les structures dont la durée de vie est lointaine des actifs dont la durée de vie est courte, mais aussi les actifs des TIC de ceux associés à la machinerie et l'équipement.

---

[1] La définition des TIC, qui inclut les ordinateurs, les logiciels et l'équipement de télécommunication, est choisie afin de rendre possible la comparabilité avec les États-Unis (voir *U.S. Bureau of Labor Statistics* 2000). Des efforts sont en cours au sein de l'OCDE pour definir une classification plus large des biens associés aux TIC. Celle-ci incluerait non seulement les investissement dans les actifs retenus dans notre définition mais aussi les biens et services intermédiaires et les catégories de la demande finale.

Tableau 1. Classification du capital total selon la catégorie d'actifs

Technologie de l'information et des communications
Ordinateurs et matériel de bureau
Matériel de communication
Logiciels – compte propre
Logiciels – de série
Logiciels - personnalisés
Autres machines et matériel
Meubles de bureau, articles d'ameublement
Appareils et matériel de maison et de service
Appareils et matériel électriques industriels
Appareils et matériel non électriques industriels
Conteneurs industriels
Convoyeurs et camions industriels
Automobiles et autobus
Camions (sauf les camions industriels) et remorques
Locomotives, navires et pièces de rechange importantes
Aéronefs, moteur d'aéronefs et autres pièces de rechange importantes
Autre matériel
Structures
Construction de bâtiments non résidentiels
Construction de routes, d'autoroutes et de pistes d'aéroport
Construction d'infrastructures gazières et pétrolières
Construction de centrales électriques, de barrages et de structures d'irrigation
Construction de voies de chemins de fer et d'installations de télécommunication
Autres ouvrages techniques
Chalets
Maisons mobiles
Édifices à logements multiples
Maisons unifamiliales
Inventaires
Terrains

Cette étude utilise aussi des estimations de la croissance du travail qui prennent en compte les différences dans les productivités marginales entre les différents types de travailleurs (Gu, Kaci, Maynard et Sillamaa, 2002). Contrairement à la méthode qui effectue la simple sommation des heures travaillées par les différents types de travailleurs, la méthode qui considère les différences entre les catégories de travail effectue la somme de la croissance des heures travaillées par chaque classe de travailleurs pondérée par leur salaire relatif ou leur part dans la rémunération du travail. De façon fort semblable à l'estimation de l'intrant capital qui reflète les substitutions entre catégories d'actifs, la méthode élaborée par Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) pour l'intrant travail agrégé intègre les substitutions entre diverses catégories hétérogènes de main-d'œuvre, comme la classification croisée des travailleurs selon la formation, les antécédents professionnels, et les autres caractéristique. Cette méthode, qui permet de ventiler la croissance de l'intrant travail en fonction du nombre d'heures travaillées et de la qualité de la main-d'œuvre, est comparable à la décomposition de la croissance des services du capital en croissance du stock de capital et des changements dans sa composition.

2. *Estimation du stock de capital aux prix courants*

Le tableau 2 donne un groupement des actifs en grandes classes ainsi que les valeurs correspondantes du stock de capital pour 1981 et 2000. Nos calculs selon la méthode de l'inventaire perpétuel produisent un stock net d'actifs renouvelables en 2000 d'une valeur de 929 milliards de dollars en dollars courants, soit une hausse par rapport à la valeur de 290 milliards de dollars pour 1981. L'ajout de la valeur estimative des terrains et des inventaires donne une valeur totale du stock de capital de 1,3 billions de dollars pour 2000.

Tableau 2. Estimations de la dépréciation et du stock de capital selon la catégorie d'actifs : secteur canadien des entreprises
(millions de dollars courants)

	Stock de capital en 1981			Stock de capital en 2000		
	Valeur $	Part du capital fixe (%)	Part du capital total (%)	Valeur $	Part du capital fixe (%)	Part du capital total (%)
Stock total de capital	492 588		100,0	1 278 237		100,0
Capital fixe renouvelable	290 465	100,0		929 409	100,0	
Technologies de l'information et des communications	11 363	3,9	2,3	59 900	6,4	4,7
Ordinateurs et logiciels	4 444	1,5	0,9	37 493	4,0	2,9
Matériel de communication	6 920	2,4	1,4	22 407	2,4	1,8
Autres machines et matériel	80 948	27,9	16,4	238 505	25,7	18,7
Structures	198 153	68,2	40,2	631 008	67,9	49,4
Stocks et terrains	202 123		41,0	348 828		27,3
Structures, terrains et stocks	400 276		81,3	979 832		76,7

L'investissement en prix constants dans les TIC (voir tableau 3) a augmenté à un taux annuel moyen de 16,2 % pendant la période 1981-2000, un rythme de croissance beaucoup plus rapide que les deux autres classes d'actifs. Toutefois, malgré cette croissance rapide, les actifs en TIC continuent de ne représenter qu'une faible part du capital agrégé du secteur des entreprises. En 2000, les actifs en TIC constituaient 6,4 % du capital fixe renouvelable, qui englobe le matériel ainsi que les structures, en hausse par rapport au 3,9 % de 1981 (voir tableau 2). Étant donné notre définition élargie du stock de capital, qui englobe les actifs résidentiels, les terrains et les inventaires, la part des actifs en TIC est encore plus faible (4,7 % en 2000 comparativement à 2,3 % en 1981).

Tableau 3. Taux annuel moyen de croissance de l'investissement, du stock de capital, des services du capital et de la production : secteur canadien des entreprises

	Indice de l'investissement		Indice du Stock de capital		Indice des services du capital		PIB	
	Prix	Quantité	Prix	Quantité	Prix	Quantité	Prix	Quantité
				1981-2000				
PIB	-	-	-	-	-	-	2,9	3,0
Tous les actifs	1,0	3,6	1,0	2,0	4,2	3,4	-	-
TIC	-9,3	16,2	-9,3	12,7	-1,5	21,0	-	-
Autres machines et matériel	2,5	2,0	2,5	2,1	5,6	3,4	-	-
Structures	1,5	0,8	1,5	1,7	6,8	2,1	-	-
				1981-1988				
PIB	-	-	-	-	-	-	4,5	3,3
Tous les actifs	0,5	1,7	0,5	1,8	6,4	3,5	-	-
TIC	-14,5	11,5	-14,5	8,0	-1,4	21,5	-	-
Autres machines et matériel	2,9	2,2	2,9	1,7	7,8	3,7	-	-
Structures	1,7	0,4	1,7	1,9	8,5	2,4	-	-
				1988-1995				
PIB	-	-	-	-	-	-	2,4	1,5
Tous les actifs	1,8	-0,2	1,8	1,3	3,7	2,6	-	-
TIC	-8,0	13,2	-8,0	11,5	-2,8	17,5	-	-
Autres machines et matériel	2,4	-2,1	2,4	1,2	2,2	1,6	-	-
Structures	2,0	-1,9	2,0	1,3	7,2	1,6	-	-
				1995-2000				
PIB	-	-	-	-	-	-	1,4	4,9
Tous les actifs	0,7	11,9	0,7	3,5	1,7	4,2	-	-
TIC	-3,2	27,6	-3,2	21,3	0,3	25,1	-	-
Autres machines et matériel	2,0	7,7	2,0	4,1	7,5	5,5	-	-
Structures	0,3	5,6	0,3	2,1	4,1	2,5	-	-

3. Croissance de l'investissement, du stock de capital et des services du capital

La croissance de l'utilisation du capital au Canada peut être localisé au moyen de l'examen de trois séries de données reliées entre-elles — un indice de la croissance de l'investissement, un indice de la croissance du stock de capital (simple somme des différents actifs) et un indice de la croissance des services du capital — de 1981 à 2000. En outre, chacun de ces indices est décomposé en trois composantes : TIC, autres machines et matériel et structures (bâtiments et travaux d'ingénierie, y compris les terrains et les inventaires).[2]

Pour mieux comprendre les tendances agrégées, nous présentons au tableau 3 les taux de croissance (en termes de prix et de quantités) pour chaque série, pour les principales catégories d'actifs, pour la période complète de 1981 à 2000 et pour trois sous-périodes : 1981 à 1988, 1988 à 1995 et 1995 à 2000. Nous présentons aussi le PIB du secteur des entreprises pour les mêmes périodes.

Le fléchissement important de la croissance de la production après la récession des années 1990 est la principale tendance qui se dégage de ces estimations. Le taux de croissance de la production, qui était de 3,3 % environ par année de 1981 à 1988, a chuté pour s'établir à 1,6 % de 1988 à 1995, puis s'est redressé remarquablement durant la deuxième moitié des années 1990, pour atteindre 4,9 %, annuellement en moyenne. Des tendances comparables sont observables pour l'investissement, le stock de capital et les services du capital.

Investissement

Bien que dans l'ensemble, la croissance de l'investissement évolue de façon comparable à celle observée pour la production, elle est plus sensible aux variations du cycle économique. Ainsi, elle a ralenti considérablement, étant passée de 1,7 % pour 1981 à 1988 à -0,2 % pour 1988 à 1995. Cependant, elle a repris pour s'établir à 11,9 % de 1995 à 2000, permettant ainsi au PIB de connaître une croissance rapide.

On note une variation considérable selon la catégorie d'actifs et une tendance accélérée à l'investissement dans le matériel, particulièrement le matériel des TIC. Au cours des deux dernières décennies, la croissance de l'investissement réel dans les actifs en TIC a été forte et à la hausse malgré le ralentissement de la croissance du PIB, atteignant 13,2 % par année durant la période de faible croissance du début des années 1990. Par contre, la croissance de l'investissement réel dans les structures non résidentielles et autres machinerie et équipement a chuté à -1,9 % et -2,1 % annuellement, respectivement, durant la période 1988-1995. Au cours des années récentes, le taux de croissance de l'investissement dans toutes les classes d'actifs a connu une croissance plus rapide que lors de la période 1981-1988.

[2] En ce qui concerne les différences entre ces différents concepts du capital, consulter l'annexe dans Harchaoui et Tarkhani, 2002.

La croissance plus rapide de l'investissement dans les TIC s'explique si l'on examine le comportement de leurs prix relatifs. Le taux d'inflation du déflateur du PIB a baissé, pour passer de 4,5 % en moyenne par année (1981 à 1988) à 2,4 % en moyenne par année (1988 à 1995), puis a encore baissé pour atteindre 1,4 % (1995-2000). Les prix ajustés à la qualité des actifs en TIC ont baissé durant la période qui a suivi 1981 (de -14,5 % à -8,0 % à -3,2 %). Par rapport au déflateur du PIB, les prix des actifs en TIC ont diminué au taux moyen de 12,2 % par année de 1981 à 2000. Pour les autres catégories d'actifs, la hausse des prix a été généralement inférieure à celle du déflateur du PIB.

Ces profils d'investissement sont des déterminants directs de la croissance du stock de capital. Par exemple, un investissement relativement rapide en TIC se traduit par une croissance plus rapide du stock de capital et une augmentation de la part de ce matériel dans le stock de capital.

Cependant, la longue durée de vie des structures rend le processus de transition assez lent. Par exemple, pour le matériel en TIC, l'indice du stock réel de capital a augmenté de 12,7 % par année au cours des deux dernières décennies, tandis que pour les structures, il n'a augmenté que de 1,7 % par année. La part du stock de capital en TIC est passée de 3,9 % en 1981 à 6,4 % en 2000. Cette augmentation importante de la part exprimée en valeur monétaire est due à l'augmentation rapide de la quantité d'actifs en TIC et à la diminution rapide de leur prix.

Formation du Capital

Les indices de la croissance du stock de capital et des services du capital au Canada montrent que les années qui ont suivi 1995 représentent une période de croissance relativement rapide du stock de capital. Le taux de croissance du capital a baissé de 1,8 % par année entre 1981-1988 à 1,3 % par année entre 1988-1995 pour rebondir ensuite à 3,5% par année entre 1995-2000. Au niveau des actifs, cependant, alors que l'équipement en TIC a maintenu une croissance soutenue entre les différentes périodes, autant les actifs en autres machinerie et équipements que les structures ont connus un ralentissement marqué durant la période 1988-1995, suivi par une reprise appréciable au cours des années récentes.

Les tendances de la croissance du stock de capital sont des déterminants importants de la croissance des services du capital. La croissance des services du capital est, en revanche, plus élevé que celle du stock de capital, reflétant le remplacement des structures à longue durée de vie par du matériel à courte durée de vie. Cette modification de la composition est parfois connue sous le nom de changement de qualité — dans le sens qu'elle résulte des changements dans la composition associés aux changements des productivités marginales. Toutes choses étant égales par ailleurs, un actif à courte durée de vie est caractérisé par un taux de dépréciation plus élevé, donc un prix des services relativement plus élevé et, donc, une productivité marginale relativement plus élevé puisque les marchés concurrentiels égalisent le coût d'usage à la productivité marginale. Par conséquent, la catégorie d'actifs en croissance à courte durée de vie reçoit un poids plus élevé pour le calcul de l'agrégation des services du capital que pour le calcul du stock (voir Harchaoui et Tarkhani, 2002). Pour les catégories individuelles d'actifs, les résultats du tableau 3 montrent que la croissance des services du capital est supérieure à celle du

stock de capital pour la plupart des périodes, ce qui sous-entend que des substitutions ont lieu également à l'intérieur des catégories d'actifs.

Ces données donnent la preuve d'un redressement important du taux de croissance des services du capital au Canada pour toutes les catégories d'actifs durant la période d'après 1995. Cette croissance reflète en grande partie l'augmentation importante de l'investissement durant la deuxième moitié des années 1990 pour l'ensemble des catégories d'actifs. Cette tendance est importante, puisque c'est la croissance des services du capital, plutôt que le niveau du capital ou la croissance de l'investissement qui, en dernière analyse, détermine la croissance économique.

Il est utile de choisir, comme point de comparaison de ces résultats, les mesures des services du capital publiées par le *U.S. Bureau of Labor Statistics* (BLS, 2000). Pour le secteur privé des entreprises dont les estimations correspondent aux nôtres, le BLS (2000) publie un taux de croissance des services du capital de 3,8 % pour l'ensemble des actifs de 1981 à 1999, taux légèrement supérieur à notre estimation de 3,3 % pour la même période. L'écart pourrait refléter des différences structurelles entre les secteurs canadiens et américains des entreprises.

Pour les deux pays, les tendances sont similaires au cours des différentes sous-périodes. Selon le BLS (2000), la croissance des services du capital a ralenti pour passer de 3,9 % durant la période de 1981 à 1988 à 2,8 % durant celle de 1988 à 1995, puis a repris pour s'établir à 5,3 % durant la période de 1995 à 1999 (3,5 %, 2,6 % et 4,2 %, respectivement, pour le Canada). Par contre, au niveau des actifs, l'écart entre les taux de croissance du service du capital observés pour les deux pays est important. Aux États-Unis, les services du capital en TIC ont augmenté de 17,5 % de 1995 à 1999, taux en hausse par rapport aux valeurs de 14,5 % et de 8,5 % enregistrées, respectivement, de 1981 à 1988 et de 1988 à 1995. Ces chiffres sont nettement inférieurs à ceux observés pour le Canada (25,7 %, 21,5 % et 17,5 %, respectivement). En ce qui concerne les autres machines et matériel et les structures, aux États-Unis, la situation s'est redressée de 1995 à 1999 comparativement à la période allant de 1988 à 1995, mais les résultats sont demeurés inférieurs à ceux enregistrés la décennie précédente. Par contre, de 1995 à 1999, au Canada, les catégories des autres machines et matériel et des structures ont affiché leur croissance la plus rapide des deux dernières décennies.

Décomposition de la croissance des services du capital

Nous avons montré à la section précédente que, pour le capital fixe et les catégories d'actifs correspondants, la croissance des services du capital s'est accélérée, mais nous n'avons ni identifié ni quantifié les sources de cette croissance en termes de changements dans la composition de l'investissement à l'intérieur des classes d'actifs et entre celles-ci. La présente section répond précisément à ce besoin. Elle fournit un cadre conceptuel pour la décomposition de la croissance des services du capital en trois grandes composantes. Selon ce cadre, l'augmentation des services du capital a trois sources, à savoir la substitution pour passer à des actifs de courte durée de vie et à produit marginal élevé à l'intérieur des classes d'actifs (effet interne de qualité), les substitutions entre classes d'actifs (effet croisé de qualité) et l'accumulation de stock de capital (effet d'accumulation de capital).

La croissance des services agrégés du capital (le logarithme représente le taux de croissance) peut être décomposée comme suit (voir Ho, Jorgenson et Stiroh 1999) :

$$\ell n\left(\frac{\tilde{K}_t}{\tilde{K}_{t-1}}\right) = \sum_j \overline{v}_t^j \ell n\left(\frac{\Delta_t^j}{\Delta_{t-1}^j}\right) + \sum_j (\overline{v}_t^j - \overline{w}_t^j)\ell n\left(\frac{\overline{K}_t^j}{\overline{K}_{t-1}^j}\right) + \sum_j \overline{w}_t^j \ell n\left(\frac{\overline{K}_t^j}{\overline{K}_{t-1}^j}\right). \qquad (1)$$

où $\tilde{K}_t$, Δ_t^j, $\overline{K}_t^j$ représentent, respectivement, les services agrégés du capital, la variation de la qualité de la catégorie d'actif j = TIC, autres machines et matériel, et structures, ainsi que le stock de capital de la catégorie d'actif j ; $\overline{v}_t^j$ et $\overline{w}_t^j$ représentent, respectivement, la part moyenne du coût de location et la part moyenne de la valeur du stock de capital de la catégorie d'actif j à la période t.

Chacune de ces trois composantes a une interprétation économique particulière. Le premier terme à droite de l'égalité, connu sous le nom « d'effet interne de qualité », mesure la substitution et la croissance de la qualité au sein de chaque groupement distinct d'actifs. Le second terme, connu sous le nom « d'effet croisé de qualité », mesure la substitution entre différentes classes d'actifs. Le dernier terme, « l'effet de l'accumulation de capital », représente l'accumulation du stock de capital.

Le tableau 4 fournit la contribution à la croissance des services du capital total de chaque composante pour la période 1981-2000 et ses sous-périodes. La décomposition nous permet de repérer les sources de l'augmentation de la croissance des services du capital en comparant chaque composante pour les diverses catégories d'actifs et au fil du temps. Le tableau 4, qui donne la décomposition pour les services du capital fixe total, devrait être lu de la façon suivante. Considérons le taux annuel de croissance de 3,4 % des services du capital de 1981 à 2000 (dernière colonne, première ligne). Ce taux se compose d'une contribution de 1,2 % des actifs en TIC, de 0,8 % des autres machines et matériel et de 1,4 % des structures. Examinée sous l'angle de la décomposition suggérée dans (1), cette valeur de 3,4 % résulte aussi de 0,9 % d'effet interne (substitution entre actifs au sein d'une classe d'actifs), 0,3 % d'effet croisé (substitution entre les classes d'actifs) et 2,1 % d'effet d'accumulation du capital (croissance générale entre toutes les classes d'actifs).

Ces estimations montrent qu'au niveau agrégé l'effet de l'accumulation du capital est la source principale de la variation des services agrégés du capital pour toutes les périodes. En revanche, ceci varie entre les classes d'actifs : l'effet total de la qualité (la somme des effets à l'intérieur et croisé) constitue la source principale derrière la croissance des services du capital TIC pour toutes les périodes, alors l'effet de l'accumulation du capital tend à dominer pour les autres machinerie et équipement et les structures. L'importance de la substitution entre actifs au sein d'une classe d'actifs est devenue plus importante au cours du temps, particulièrement, les TIC.

Tableau 4. Décomposition de la croissance des services du capital selon la catégorie d'actifs : Secteur canadien des entreprises
(taux de croissance annuel moyen)

	Effet interne de qualité	Effet croisé de qualité	Accumulation pondérée de capital	Croissance des services du capital
		1981-2000		
Capital fixe	**0,9**	**0,3**	**2,1**	**3,4**
Technologies de l'information et des communications	0,4	0,3	0,5	1,2
Autres machines et matériel	0,3	0,1	0,4	0,8
Structures	0,2	-0,1	1,2	1,4
		1981-1988		
Capital fixe	**1,4**	**0,1**	**2,0**	**3,5**
Technologies de l'information et des communications	0,6	0,2	0,2	1,0
Autres machines et matériel	0,5	0,1	0,3	0,9
Structures	0,3	-0,1	1,4	1,6
		1988-1995		
Capital fixe	**0,7**	**0,3**	**1,7**	**2,6**
Technologies de l'information et des communications	0,4	0,3	0,4	1,1
Autres machines et matériel	0,1	0,1	0,3	0,4
Structures	0,2	-0,1	1,0	1,1
		1995-2000		
Capital fixe	**0,7**	**0,6**	**2,9**	**4,2**
Technologies de l'information et des communications	0,2	0,6	0,8	1,6
Autres machines et matériel	0,3	0,1	0,8	1,2
Structures	0,2	-0,1	1,3	1,4

Pour toutes les périodes et toutes les classes d'actifs, l'effet total de la qualité est dû principalement à l'effet au sein des groupements d'actifs. En revanche, la hausse de 0,7 point de pourcentage des services du capital entre 1981-1988 et 1995-2000, principalement attribuable à la TIC et autre machinerie et équipement, est dû à l'effet croisé et l'effet de l'accumulation du capital, dont l'augmentation était de 0,5 et 0,9 points de pourcentage par année, respectivement.

III. Sources de la croissance économique

1. Cadre conceptuel

La croissance des services du capital ainsi que celles de l'intrant travail et de la productivité multifactorielle constituent les principaux déterminants de la croissance économique. La dernière partie du présent rapport évalue l'importance relative de ces sources à la croissance économique au Canada durant la période 1981-2000.

Cet exercice de comptabilité de la croissance s'appuie sur de riches antécédents ayant commencé avec les travaux fondamentaux de Solow (1957), qui a été le premier à intégrer la fonction agrégée de production aux données sur le revenu national afin de produire des estimations de la croissance de la productivité qui rendent compte du progrès technique non incorporé. La production agrégée Y_t est produite à partir des services du capital $\tilde{K}_t$ et des services de la main-d'œuvre $\tilde{L}_t$. Nous représentons la productivité comme étant une augmentation A_t « neutre au sens de Hicks » des facteurs de production agrégés :

$$Y_t = A_t F(\tilde{K}_t, \tilde{L}_t) \tag{2}$$

Si l'on émet l'hypothèse que les marchés des produits et des facteurs de production sont concurrentiels et que les rendements d'échelle sont constants, selon la théorie de la comptabilité de la croissance, la croissance de la production est égale à la somme pondérée de la croissance des intrants et de la croissance de la productivité multifactorielle; les pondérations des intrants étant défini en termes de parts de coûts :

$$\Delta \ell n Y_t = \overline{s}_{K,t} \Delta \ell n \tilde{K}_t + \overline{s}_{L,t} \Delta \ell n \tilde{L}_t + \Delta \ell n A_t \tag{3}$$

où $\overline{s}_{K,t}$ et $\overline{s}_{L,t}$ représentent, respectivement, la part moyenne de la valeur nominale ajoutée attribuable au capital et au travail, $\overline{s}_{K,t} + \overline{s}_{H,t} = 1$, le facteur d'augmentation A_t représente la productivité multifactorielle et Δ représente une différence de premier ordre.

L'équation (3) présente plusieurs caractéristiques intéressantes. Elle nous permet de décomposer la croissance économique entre, d'une part, les contributions des intrants en travail et en capital et, d'autre part, un résidu appelé croissance de la productivité multifactorielle. Elle permet aussi de quantifier les contributions des différents types de capital, tel les TIC, à la croissance de la production.

De surcroît, le réarrangement de l'équation (3) nous permet de présenter les résultats en termes de la croissance de la productivité du travail

$$\Delta \ell n \left(\frac{Y_t}{H_t} \right) = \overline{s}_{K,t} \Delta \ell n \left(\frac{\tilde{K}_t}{H_t} \right) + \overline{s}_{L,t} \left(\Delta \ell n \tilde{L}_t - \Delta \ell n H_t \right) + \Delta \ell n A_t \tag{4}$$

où $\frac{Y_t}{H_t}$ et $\frac{\tilde{K}_t}{H_t}$ représentent, respectivement, la production par nombre d'heures travaillées et le rapport des services du capital au nombre d'heures travaillées. Cette équation nous donne la répartition bien connue de la croissance de la productivité du travail entre trois facteurs. Le premier est l'*approfondissement du capital*, c'est-à-dire la croissance des services du capital par heure. L'approfondissement du capital (aussi connu sous le nom *d'intensité du capital*) rend les travailleurs plus productifs grâce à la mise à leur disposition de plus de capital pour chaque heure de travail, et augmente la productivité du travail proportionnellement à la part de capital. Le deuxième terme représente l'amélioration de la qualité de la main-d'œuvre, définie comme étant la différence entre le taux de croissance pondéré des heures et celui de la simple somme des heures travaillées par les différents types de travailleurs. L'amélioration de la qualité de la main-d'œuvre, qui reflète la proportion croissante d'heures fournies par des travailleurs dont la productivité marginale est plus élevée, fait augmenter la croissance moyenne de la productivité

du travail proportionnellement à la part du travail. Le troisième facteur est la croissance de la *productivité multifactorielle*, qui fait augmenter la croissance de la productivité du travail point par point. La croissance à long-terme de la productivité du travail découle de trois sources : la croissance de la productivité multifactorielle, la contribution de l'intensité du capital et celle du changement de la composition de la main-d'œuvre.

Tel que le montre l'équation (4), la productivité du travail (la production par heure) peut différer de la productivité multifactorielle (la production par unité combinée des intrants en capital et en travail) si l'approfondissement du capital prévaut et si la qualité de la main-d'œuvre s'améliore.

Dans la suite de la présente section, nous présentons les estimations empiriques des variables des équations (2) à (4). Puis, nous employons les équations (3) et (4) pour quantifier les sources de croissance de la production et de la productivité moyenne du travail de 1981 à 2000 et pour diverses sous-périodes.

2. Résultats empiriques

Cette section présente les résultats associés aux équations (3) et (4) qui fournissent deux perspectives différentes mais reliées sur les sources de la croissance : celle-ci décompose les sources de la croissance de la productivité du travail et celle-là identifie les sources de la croissance de la production. La section débute avec l'examen des sources de la croissance de la productivité du travail.

Les sources de la croissance de la productivité du travail

La contribution de l'intensité du capital à la croissance de la productivité du travail est égale à la croissance du ratio des services du capital aux heures travaillées pondérée par la part du capital dans la valeur ajouté nominale. La contribution de la composition du travail est égale à la différence entre les taux de croissance de l'intrant travail et des heures travaillées pondérés par le part du travail dans la valeur ajoutée nominale. Historiquement, la part du capital a été légèrement supérieure à un tiers de la valeur ajoutée nominale du secteur des entreprises.

Le tableau 5 indique qu'entre 1981 et 2000, la productivité du travail s'est accrue à un taux annuel de 1,4 % dans le secteur des entreprises. De ce 1,4 % de croissance de la productivité du travail, 0,3 % peuvent être attribués aux augmentations de la productivité multifactorielle, 0,6 % à la contribution de l'intensité en capital et 0,5 % aux changements dans la composition de la main-d'œuvre. Le tableau 5 reflète une augmentation modérée de la productivité du travail durant les années 1980 et le début des années 1990, suivie d'une accélération au cours des années récentes. Cette accélération reflète la remarquable reprise de la croissance de la productivité multifactorielle au cours des années récentes.

Tableau 5. Contribution annuelle moyenne en points de pourcentages à la croissance de la productivité du travail * : secteur canadien des entreprises

	1981-2000	1981-1988	1988-1995	1995-2000
Croissance de la productivité du travail (taux de croissance annuel moyen)	1,4	1,3	1,2	1,7
Approfondissement du capital	0,6	0,6	0,9	0,4
Technologie de l'information et communication	0,4	0,3	0,4	0,4
Autre machinerie et équipement	0,1	0,1	0,1	0,1
Structures	0,1	0,1	0,3	-0,1
Qualité du travail	0,5	0,5	0,6	0,3
Productivité multifactorielle (taux de croissance annuel moyen)	0,2	0,2	-0,3	1,0

* Sauf indication contraire.

Durant la période 1988-1995, la croissance de la productivité multifactorielle a connu une chute de -0,3 % par année pour le secteur des entreprises. En même temps, la contribution annuelle moyenne de l'intensité du capital à la croissance de la productivité multifactorielle a augmenté de 0,9 % et la composition de la main-d'œuvre a contribué pour 0,6 point de pourcentage. La productivité du travail a donc augmenté de 1,2 % par an de 1988 à 1995. Le capital en TIC a commencé à jouer un rôle dont l'importance n'a cessé d'augmenter durant la même période contribuant pour 0,4 % par an, soit plus des deux cinquièmes de la contribution de l'approfondissement du capital à la croissance de la productivité du travail.

De 1995 à 2000, la productivité du travail a augmenté de 1,7 % par année pour le secteur des entreprises, en hausse de 0,4 points de pourcentage par rapport à la période 1988-1995. Cette accélération est attribuée entièrement au redressement de la croissance de la productivité multifactorielle, qui a augmenté par plus d'un point de pourcentage. Poursuivant la tendance à la substitution des TIC aux autres formes de capital, le capital en TIC a compté pour l'ensemble de la contribution de l'approfondissement du capital à la croissance de la productivité du travail. La croissance de la qualité de la main-d'œuvre a ralenti relativement à celle des heures durant la période 1995-2000.

Les sources de la croissance économique

En faisant appel au cadre développé ci-dessus, les intrants en capital et en travail sont combinés aux données sur la production pour les fins d'estimation des composantes de l'équation (3) afin de quantifier les sources de la croissance de la production de 1981 à 2000. En plus de la contribution usuelle des services agrégés du capital, l'analyse portera aussi sur celle des grandes classes d'actifs à la croissance économique.

Les résultats sont indiqués dans le tableau 6 et doivent être interprétés de la façon suivante. Dans la seconde colonne, la production s'est accrue au taux annuel de 3,3 % lors de la période 1981-1988; les services du capital y ont contribué pour 1,4 %, l'intrant travail pour 1,7 % et la productivité multifactorielle pour 0,2 %. Le 1,4 % de la contribution du capital, le produit de la croissance des services du capital et le poids $\overline{s}_{K,t}$, peut être aussi décomposé en 0,8 % de contribution de l'accumulation du capital et 0,6 % pour le changement de la qualité. De même, le

1,7 % de contribution de l'intrant travail peut être décomposé en 1,2 % de contribution de la croissance des heures et 0,5 % de contribution de changement de qualité associé à la substitution au profit des travailleurs ayant davantage de capital humain.

Tableau 6. Sources de la croissance économique, secteur canadien des entreprises
(Contribution annuelle moyenne en points de pourcentages)*

	1981-2000	1981-1988	1988-1995	1995-2000
Croissance de la production (taux de croissance annuel moyen)	3,0	3,3	1,5	4,9
Contribution des services du capital	1,3	1,4	1,0	1,7
Technologie de l'information et communication	0,5	0,4	0,4	0,7
Autre machinerie et équipement	0,3	0,4	0,2	0,5
Structures	0,5	0,6	0,4	0,5
Contribution de l'intrant travail	1,5	1,7	0,8	2,2
Productivité multifactorielle (taux de croissance annuel moyen)	0,2	0,2	-0,3	1,0
Contribution du stock de capital	0,9	0,8	0,6	1,4
Contribution de la qualité du capital	0,5	0,6	0,4	0,3
Contribution des heures de travail	1,0	1,2	0,1	1,9
Contribution de la qualité de la main-d'œuvre	0,5	0,5	0,6	0,3

* Sauf indication contraire.

Pour 1995-2000, la production a augmenté de 4,9 % par année, les services du capital de 1,7 points de pourcentage, l'intrant travail a contribué pour 2,2 points de pourcentage et la productivité multifactorielle pour 1,0 points de pourcentage.

Tel qu'indiqué plus haut, il y'eut une hausse de la contribution des services du capital durant la période 1995-2000; sa contribution ayant augmenté à 1,7 % par année comparativement à 1,4 % durant 1981-1988. Avec une contribution qui a presque doublé, passant de 0,4 % à 0,7 %, les TIC montrent la plus forte augmentation dans la contribution des services du capital entre les deux périodes. En outre, les estimations les plus récentes montrent une augmentation de la croissance de la productivité multifactorielle supérieure à n'importe quel taux enregistré depuis 1981.

Comparaison de la croissance de la productivité multifactorielle au Canada et aux États-Unis

L'examen du tableau 7 pour les secteurs des entreprises canadiens et américains pour la période 1981-1999, la période la plus récente pour laquelle les estimations américaines de la productivité multifactorielle sont disponibles, révèle que la productivité multifactorielle canadienne a augmenté de 0,2 % par année en moyenne, comparé à 0,9 % par année pour les États-Unis. Cet écart de productivité entre les deux pays est largement attribuable à la modeste performance canadienne en termes de productivité de 1981 à 1995. L'absence de gain de productivité au Canada de 1981 à 1995 (0,0 % contre 0,7 % pour les États-Unis) reflète un taux de croissance de 2,4 % de la production (3,3 % pour les États-Unis) et une hausse de 2,4 % des intrants combinés en capital et en travail (2,5 % pour les États-Unis).

Tableau 7. Sources de la croissance du secteur des entreprises : Canada et États-Unis
(Contribution annuelle moyenne en points de pourcentages)*

	Canada	États-Unis	Canada	États-Unis	Canada	États-Unis	Canada	États-Unis
	1981-1999		1981-1988		1988-1995		1995-1999	
Production (taux de croissance annuel moyen)	2,9	3,6	3,3	3,9	1,5	2,2	4,8	4,9
Contribution de l'intrant travail	1,4	1,5	1,7	1,6	0,8	0,9	2,1	1,8
Contribution des services du capital	1,3	1,2	1,4	1,3	1,0	0,8	1,7	1,8
Contribution des TIC	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,7	1,1
Contribution autres machines et matériel	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,5	0,4
Contribution de structures	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4	0,2	0,6	0,4
Productivité multifactorielle (taux de croissance annuel moyen)	0,2	0,9	0,2	1,0	-0,3	0,5	1,0	1,3

* Sauf indication contraire.

Les données américaines ont été puisées du BLS (2000).
Les données peuvent ne pas correspondre aux totaux en raison de l'arrondissement.

Durant la fin des années 1990, la production a augmenté à un taux annuel moyen de 4,8 % au Canada (4,9 % pour les États-Unis), une hausse de 3,2 points de pourcentage comparativement au début des années 1990 (2,7 points de pourcentage pour les États-Unis). La croissance de la productivité multifactorielle a connu une importante reprise pour atteindre 1,0 % au Canada (1.3 % pour les États-Unis également), alors que les contributions des services du capital et de l'intrant travail ont connu une reprise, atteignant respectivement 1,7 % et 2,1 % au Canada (1,8 % pour les deux intrant aux États-Unis).

La croissance de la productivité multifactorielle est la source de 21 % de la croissance de la production au Canada (27 % aux États-Unis), contribution en hausse par rapport aux 6.1 % enregistrés durant la période 1981-1988 (26 % pour les États-Unis). L'accélération de la croissance de la productivité multifactorielle au Canada et aux États-Unis est peut-être l'aspect des données qui mérite le plus d'être noté. Sa croissance moyenne annuelle de -0,3 % par année à 1,0 % par année (de 0,5 % à 1,3 % aux États-Unis) entre 1988-1995 et 1995-1999 suggère des améliorations considérables dans la technologie et des augmentation de l'efficience dans la production. Bien que la reprise de la croissance de la productivité multifactorielle durant la période d'après 1995 n'ait pas encore produit des chiffres supérieurs à ceux observés avant 1973, on a assisté à croissance plus rapide de la productivité multifactorielle au cours de la seconde moitié des années 1990.

IV. Conclusion

Le présent article décrit l'évolution des sources de la croissance économique du secteur canadien des entreprises. La principale observation est que la croissance de la production de ce secteur durant la période qui a suivi 1995 a été largement supérieure à celle affichée durant la première moitié de la décennie et celle de la décennie précédente. En outre, après deux décennies de résultats médiocres, à partir de 1995, les statistiques sur la productivité ont commencé à révéler

un effet nettement discernable de la formation de capital lié aux TIC. Les progrès dans ce domaine font baisser le prix relatif des ordinateurs, des logiciels et du matériel de communication, et incitent les entreprises à investir dans ce genre d'actifs (12,2 %, en moyenne, de 1981 à 2000).

L'article décrit aussi les tendances concernant les services du capital observées pour les composantes quantitative et qualitative de ces derniers. On y fait la distinction entre la croissance de la quantité de capital due à l'investissement et la croissance de la qualité du capital due aux substitutions entre actifs hétérogènes. La croissance récente de l'investissement reflète en grande partie les substitutions, dues au fait que le prix relatif des actifs de haute technologie a baissé régulièrement. De 1981 à 2000, la qualité du capital a augmenté au taux moyen de 1,2 %. De cette croissance de la qualité, 75 % sont attribuables à des substitutions à l'intérieur des classes d'actifs.

En ce qui concerne les sources de la croissance moyenne de 3,3 % observées pour la période de 1981 à 1988, une contribution de 1,4 % par année est due à l'utilisation du capital (0,6 % pour la qualité et 0,8 % pour la quantité) et une contribution de 1,7 % par année, à l'utilisation de l'intrant travail (1,2 % pour le nombre d'heures travaillées et 0,5 % pour la qualité de la main-d'œuvre). Ces chiffres sont quelque peu similaires à ceux observés de 1995 à 2000, période durant laquelle la contribution de l'intrant capital à raison de 1,7 % était inférieure à la contribution à la production de 2,2 % de l'intrant travail.

Dans les deux pays au cours de la fin des années 1990, parmi les services du capital, les TIC présentent la plus grande contribution à la croissance, suivi de près par les structures au Canada. Mais la contribution des TIC au Canada est inférieure à celle aux États-Unis.

Une caractéristique encore plus remarquable de la période ultérieure à 1995, comparativement aux périodes antérieures, est la reprise de la croissance de la productivité multifactorielle observée pour le Canada et les États-Unis avec un taux de croissance annuel moyen respectif de 1,0 % et 1.3% par année (comparativement à 0,2 % et 1,0 %, respectivement, pour la période 1981-1988.

Bibliographie

Bureau of Labor Statistics. 2000. 'Multifactor Productivity Trends, 1999,' USDL 00-267, September 21. http://www.bls.gov/mprhome.htm

Gellatly, G., M. Tanguay et B. Yan. 2002. *Une autre méthode d'estimation de la dépréciation économique : Nouveaux résultats obtenus au moyen d'un modèle de survie*. Analyse économique documents de recherche. Direction des études analytiques. Statistique Canada. À venir.

Gu, W., Kaci, M., J.-P. Maynard et M. Sillamaa. 2002. *L'évolution de la composition de la main-d'œuvre au Canada et son impact sur la croissance de la productivité.* Analyse économique documents de recherche. Direction des études analytiques. Statistique Canada. À venir.

Harchaoui, T.M. et F. Tarkhani. 2002. *Une révision complète de la méthodologie de l'intrant capital pour le programme de la productivité multifactorielle de Statistique Canada.* Analyse économique documents de recherche. Direction des études analytiques. Statistique Canada. À venir.

Ho, M.S., D.W. Jorgenson et K.J. Stiroh. 1999. U.S. High-Tech Investment and the Pervasive Slowdown in the Growth of Capital Services, mimeo, 30 p.

Jorgenson, D.W., F.M. Gollop, et B. M. Fraumeni. 1987. *Productivity and U.S. Economic Growth.* Harvard University Press, Cambridge.

Jorgenson, D.W. et Stiroh, K.J. 2000. 'Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age', *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1, pages 125–211.

Khan, H., et M. Santos. 2002. *Contribution of ICT Use to Output and Labour-Productivity Growth in Canada.* Bank of Canada Discussion Paper, 20 p.

Solow, R.M. 1957. 'Technical Change and the Aggregate Production Function,' *Review of Economics and Statistics*, 39: 312-320.